अंगरेजी स्कूलों के लिये

भौतिक और रसायन

रचयिता

ई जी हिल, बी ए, डी एस्-सी

प्रिन्सिपल, म्योर सेंट्रल कालिज, इलाहाबाद

तथा

ए एच् मेकेन्ज़ी, एम ए, बी एस् सी, ए आर सी एस् ई

चीफ़ इन्सपेक्टर, वरनाक्युलर एडुकेशन, संयुक्त प्रदेश, भूतपूर्व

प्रिन्सिपल, ट्रेनिङ्ग कालिज, इलाहाबाद

मैकमिलन एण्ड कम्पनी लिमिटेड

कलकत्ता, बम्बई, मद्रास, लण्डन

१९२२

विषय-सूची।

तीसरा भाग।

पहिला अध्याय—ताप।

दूसरा अध्याय—साधारण यन्त्रों का तैयार करना।

तीसरा अध्याय—पानी—इसके साथ घुले हुए पदार्थों का इसके क्वथनांक पर प्रभाव।

चौथा अध्याय—मौलिक पदार्थ और यौगिक पदार्थ।

पांचवा अध्याय—वायु मण्डल, प्रज्वलन और मोरचा लगना।

छठा अध्याय—Oxygen और Nitrogen

सातवा अध्याय—पानी।

प्रयोग संख्या   विषय   पृष्ठ संख्या

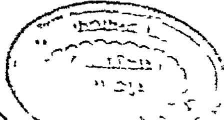
आठवां अध्याय—Hydrogen

नवां अध्याय—Carbon

प्रयोग संख्या विषय पृष्ठ संख्या

चौथा भाग।

दसवां अध्याय—प्रकाश।



तीसरा भाग

पहिला अध्याय

ताप

ताप (Heat) और तापक्रम (Temperature) में अन्तर। यदि एक गरम वस्तु को किसी एक ठंढी वस्तु से मिला कर रख दी जावे तो गरम वस्तु से ठंढी वस्तु में **ताप** (heat) का एक प्रकार बहाव होता रहेगा जब तक कि दोनों की उष्णता एक न हो जावे, अर्थात् दोनों एकही **तापक्रम** (temperature) में न आ जावें। यह विषय जल के बहाव के उदाहरण से अच्छी तरह समझ में आ सकता है। अगर पानी से भरे हुए दो बरतन, जिन में से एक दूसरे से कुछ ऊपर है, एक नली से मिला दिये जावें तो ऊपर के बरतन में से पानी बराबर नीचे के बरतन में बहता चला आवेगा जब तक कि दोनों बरतनों का पानी एकही उंचाई में न आ जावे। ताप के बहाव में ताप गरम वस्तु से ठंढी वस्तु में बहता रहता है जब तब कि दोनों वस्तु एकही तापक्रम में नहीं आजाती हैं, और जल के बहाव में जल तभी तक बहता है जब तक कि दोनो बरतनों के पानी एकही उंचाई में नही आ जाते हैं। Thermometer ➝

हम किसी वस्तु का तापक्रम मालूम कर सकते हैं परन्तु इससे हम यह नहीं मालूम कर सकते हैं कि उस वस्तु में ताप की मात्रा क्या है। जैसे, यद्यपि एक छोटे beaker में भरा हुआ पानी और एक बड़े beaker में भरा हुआ पानी दोनों **एकही तापक्रम** के हो सकते हैं तथापि यह स्पष्ट है कि बड़े beaker के पानी में छोटे beaker के पानी की अपेक्षा अधिक **गरमी** विद्यमान है और एकही तापक्रम तक ठढा होने में बड़े beaker का पानी छोटे beaker के पानी की अपेक्षा अधिक गरमी देगा।

तापग्रहण-शक्ति

प्रयोग १—यह मालूम करना कि भिन्न भिन्न प्रकार के द्रव पदार्थों की समान मात्राओं के तापक्रम को तुल्य परिमाण बढाने के लिये तुल्य परिमाण ताप की आवश्यकता होती है या नहीं।

एक beaker को तौलो। इस में लगभग 100 gm पानी तौल कर डालो। Beaker को लोहे की एक तिपाई (tripod stand) पर तार की जाली (wire gauze) के ऊपर रख कर गरम करो। पानी को 30° C से 60° C तक गरम करने के लिये जो समय लगता है उसे मालूम करो। पानी के बदले ग्लिसरीन लेकर इसी

प्रयोग को दोहराओ। दोनों प्रयोगों में गरम करने के लिये एकही शिखा से अवश्य काम लेना चाहिये। नतीजों को इस तरह लिखो —

द्रव पदार्थ	30°C से 60°C तक चढने का समय
पानी ग्लिसरीन	

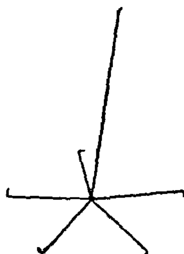
इस प्रयोग से तुम देखते हो कि 100 gm पानी का तापक्रम 1°C बढाने के लिये जितनी गरमी की आवश्यकता होती है उसकी अपेक्षा 100 gm ग्लिसरीन का तापक्रम 1°C बढाने में कम गरमी की आवश्यकता होती है, अर्थात् ग्लिसरीन की **तापग्रहण-शक्ति** (capacity for heat) पानी की तापग्रहण-शक्ति से कम है।

ठोस पदार्थो से प्रयोग करने पर तुम देखोगे कि इसी तरह यह भी तापग्रहण-शक्ति के विचार से एक दूसरे से भिन्न होते हैं।

प्रयोग २—समान मात्रा की भिन्न भिन्न वस्तुओं की तापग्रहण-शक्ति की तुलना करना।

एक छिछली थाली में इतना मोम गलाओ कि उससे ½ cm मोटी मोम की एक चक्ति बन जावे। इसे ठढा करो और सावधानता के साथ थाली से निकाल लो। अब इस चक्ति को retort stand के छल्ले (ring) पर रक्खो।

लोहा, सीसा, टिन, ताँबा आदि की समान मात्रा की (हुक लगी हुई) छोटी छोटी गोलिया लो और उन्हे कुछ देर तक खौलते हुए पानी में तार की बनी हुई एक अवलम्ब के सहारे से लटका दो जैसा कि चित्र १ में दिखाया गया है। फिर उन्हें निकाल लो और तार को थोडा घुमाकर सब गोलियों को एकही समय से मोम की चक्ति पर



चित्र १

छोड दो। पानी से जो धातु सब से अधिक गरमी ली है वही धातु ठढो होने में मोम को सब से अधिक गरमी देगी और इसी लिये सब से पहिले मोम को पिघला कर चक्ति के भीतर से निकल आवेगी।

तुम देखोगे कि धातु की इन गोलियों में से लोहे की गोली सब से पहिले निकल आती है और इसके पीछे तावे की गोली और सब के अन्त में सीसे की गोली।

इस प्रयोग से हम यह नतीजा निकालते हैं कि यद्यपि सब गोलिया प्रारम्भ में **एकही तापक्रम** की थीं तथापि लोहे की गोली में सब से अधिक **ताप** था और सीसे को गोली मे सब से कम।

तापमात्रा की इकाई—हमने यह देखा है कि भिन्न भिन्न वस्तुओ मे भिन्न भिन्न मात्रा की गरमी हो सकती है। जैसे लम्बाई नापने के लिये हमें एक लम्बाई की इकाई (centimetre) की आवश्यकता पडती है वैसेही ताप नापने के लिये भी हमें एक **तापमात्रा की इकाई** (heat unit) की आवश्यकता पडेगी।

1 gm **पानी के तापक्रम को 1° C बढाने के लिये जितना ताप की आवश्यकता होती है उस ताप की मात्रा को तापमात्रा की इकाई कहते है।** यह इकाई *calorie* कहलाती है। यह उतनी ही गरमी के बराबर होती है जितनी कि 1 gm पानी 1° C ठढा होने में देता है।

2 gm पानी को 1° C गरम करने के लिये 2 calories की आवश्यकता है, 3 gm पानी को 1° C गरम करने के लिये 3 calories की आवश्यकता है और इसी प्रकार आगे भी। 1 gm पानी को 2° C गरम करने के लिये 2 calories चाहिये, 1 gm पानी को 3° C गरम करने के

लिये 3 calories चाहिये और इसी प्रकार आगे भी। अब मान लो कि हमें 3 gm पानी को 5° C गरम करना है, तो इस लिये हमें 1 gm पानी को 5° C गरम करने में जितनी गरमी की आवश्यकता पडती है उससे 3 गुनी गरमी की आवश्यकता पडेगी, अर्थात् इसके लिये 3×5 calories चाहिये। 40 gm पानी को 10° C से 30° C तक (अर्थात् 20° C) गरम करने के लिये हमको 40×20 calories चाहिये। साधारणत. यदि M gm पानी के तापक्रम को T° C बढाने के लिये H तापमात्रा की आवश्यकता हो तो,

$$H = M \times T \text{ calories}$$

और जब M gm पानी का तापक्रम T° C घट जाता है तब उससे जो गरमी निकलती है वह भी $M \times T$ calories होती है।

उदाहरण—2 kilograms पानी को 3° C से 45° C तक गरम करने के लिये कितनी गरमी चाहिये?

$$H = M \times T \text{ calories},$$

जहा H इष्ट ताप मात्रा है,
और M पानी की मात्रा gm में है
और T तापक्रम की वृद्धि है।

$$H = 2000 \times (45 - 3) \text{ calories}$$
$$= 2000 \times 42 \text{ calories}$$
$$= 84{,}000 \text{ calories}$$

अभ्यास १

(१) 25 gm पानी का तापक्रम 67° C बढ़ाने के लिये कितनी गरमी की आवश्यकता होगी ?

(२) कितना पानी 98° C से 25° C तक ठढा होने में 1095 calories देगा ?

(३) एक बरतन में 10° C तापक्रम का 300 gm पानी है। इस पानी में उबाल आने के ठीक पहिले तक कितनी गरमी देनी चाहिये ?

(४) यह देखा गया कि 45° C तापक्रम के कुछ ठढे पानी को 80° C तापक्रम के 300 gm गरम पानी के साथ मिला देने से अन्तिम तापक्रम 60° C होगया। तो बताओ कि उस गरम पानी के साथ कितने gm ठढा पानी मिलाया गया था।

(५) 75° C तापक्रम के 200 gm पानी 40° C तापक्रम के 500 gm पानी के साथ मिलाये जाने पर मिश्रण का अन्तिम तापक्रम क्या होगा ?

(६) 20° C तापक्रम के 20 gm पानी 80° C तापक्रम के 40 gm पानी के साथ मिलाये जाने पर मिश्रण का अन्तिम तापक्रम क्या होगा ?

(७) कितना पानी 60° C से 10° C तक ठढा होने में 100 gm पानी के तापक्रम को 20° C से क्वथनाक तक बढ़ा सकता है ?

(८) यह देखा गया कि 50 gm बर्फ़ के सदृश ठढे पानी के साथ कुछ उबलता हुआ पानी मिला देने से अन्तिम तापक्रम 50° C हो गया। बर्फ़ के सदृश ठढे पानी में जितना उबलता हुआ पानी मिलाया गया उसकी मात्रा grams में निकालो।

(९) 30 gm वजन के एक तावे के टुकड़े को 90° C तक गरम किया गया और उसे एक बरतन में डाल दिया गया जिसमें 25° C तापक्रम के 150 gm पानी रक्खा हुआ है, यदि 1 gm पानी 1° C उतरने के लिये जितनी गरमी देता है, 1 gm तावा उसका केवल दसवा हिस्सा देता हो तो बताओ इस मिश्रण का अन्तिम तापक्रम क्या होगा।

आपेक्षिक ताप

प्रयोग १ से तुमको यह मालूम हो गया है कि जितनी गरमी 100 gm ग्लिसरीन के तापक्रम को 1° C बढाती है वह उस गरमी से कम होती है जो 100 gm पानी के तापक्रम को 1° C बढाती है। और तुमने प्रयोग २ में यह भी देखा है कि तावा, सीसा और लोहा आदि भिन्न भिन्न पदार्थों की समान मात्राओं की तापग्रहण शक्ति भिन्न भिन्न होती है। इस लिये तापग्रहण शक्ति के विचार से सब पदार्थ एक दूसरे से भिन्न होते हैं। भिन्न भिन्न पदार्थो की समान मात्राओं के तापक्रमो को बराबर बराबर बढाने के

लिये भिन्न भिन्न तापमात्रा की आवश्यकता होती है। इसी को हम इस तरह भी कह सकते है कि प्रत्येक पदार्थ का एक विशेष **आपेक्षिक ताप** (*specific heat*) होता है। इस पद की और अधिक शुद्ध परिभाषा निम्नलिखित रूप से वर्णन की जाती है, किसी पदार्थ के 1 gm के तापक्रम को 1° C बढानेवाली तापमात्रा का, 1 gm पानी के तापक्रम को 1° C बढानेवाली तापमात्रा से जो अनुपात है उसे उस पदार्थ का आपेक्षिक ताप कहते है।

चूकि 1 gm पानी के तापक्रम को 1° C बढाने के लिये 1 calorie तापमात्रा की आवश्यकता होती है इस लिये हम इस परिभाषा को निम्नलिखित रीति से भी प्रकट कर सकते है —

किसी पदार्थ के 1 gm के तापक्रम को 1°C बढाने के लिये जितनी calories लगती हैं उनकी संख्या को उस पदार्थ का आपेक्षिक ताप कहते हैं।

इस लिये जब हम कहते है कि तावे का आपेक्षिक ताप 0 095 है तो हमारा यह अभिप्राय होता है कि 1 gm पानी को 1°C गरम करने के लिये जितनी गरमी लगती है उसका केवल 0 095 भाग 1 gm तावे को 1°C गरम करने के लिये चाहिये, अथवा यह कि 1 gm तावे के तापक्रम को 1° C बढाने के लिये 0 095 calorie की आवश्यकता है।

हमने यह देखा था कि M gm पानी के तापक्रम को $T° C$ बढाने के लिये $M \times T$ calories की आवश्यकता होती है। इस लिये M gm तावे के तापक्रम को $T° C$ बढाने के लिये $0 095 \times M \times T$ calories की आवश्यकता है। साधारणत हम यह कह सकते है कि यदि S आपेक्षिक ताप के किसी पदार्थ के M gm के तापक्रम को $T° C$ बढाने के लिये H तापमात्रा की आवश्यकता हो तो ·

$$H = M \times T \times S \text{ calories}$$

उदाहरण—95 gm एलुमिनियम धातु के तापक्रम को 82° C बढाने के लिये कितनी गरमी की आवश्यकता होगी ? एलुमिनियम धातु का आपेक्षिक ताप 0 212 है।

$$H = M \times T \times S \text{ calories,}$$

जहा H इष्ट तापमात्रा है,

M एलुमिनियम की मात्रा है,

T इसकी तापक्रम की वृद्धि है,

S इसका आपेक्षिक ताप है।

$$H = 95 \times 82 \times 0 212 \text{ calories}$$

$$= 1651 5 \text{ calories}$$

अभ्यास २

(१) 1 kilogram पारे के तापक्रम को 30° C से 150° C तक गरम करने के लिये कितनी गरमी की आवश्यकता होगी ? पारे का आपेक्षिक ताप = 0 033

(२) 200 gm पानी के तापक्रम को 40° C बढाने के लिये जितनी गरमी लगती है उसको, उस ताप से तुलना करो, जो 2 kilogram पानी के तापक्रम को 120° C बढाने के लिये लगती है।

(३) 120° C से 40° C तक ठढा होने में 120 gm तावे से कितनी गरमी निकलती है? तांवे का आपेक्षिक ताप = 0 095

(४) 100 gm सीसा 60°C ठढा होने में 186 calories देता है। सीसे का आपेक्षिक ताप क्या है?

(५) 10 c c पारे के तापक्रम को 40° C बढाने के लिये कितनी गरमी की आवश्यकता है?

पारे का घनत्व = 13 6 gm per c c

पारे का आपेक्षिक ताप = 0 033

(६) 2 cm अर्द्धव्यास के एक लोहे के गोले में कितनी गरमी पहुचनी चाहिये कि उसका तापक्रम 19°C से 100°C तक चढ जावे?

लोहे का घनत्व = 7 7 gm per c c

आपेक्षिक ताप = 0 112

(७) 98° C से 0° C तक ठढा होने में 100 gm तावे से कितनी गरमी निकलेगी? (आपेक्षिक ताप = 0 095)

(८) कितने gm पानी 90° C से 30° C तक ठढा होने में उतनी ही गरमी देगा जितनी गरमी 150 gm

पानी का दूसरा तापक्रम	$= 33\ 8°$ C
" पहिला "	$= 31\ 0°$ C
पानी के तापक्रम की वृद्धि	$= 2\ 8°$ C
Calorimeter + जस्ता + पानी की मात्रा	= 86 14 gm
" + पानी की मात्रा	= 66 97 gm
जस्ते की मात्रा	= 19 17 gm
पानी में डालने के पहिले जस्ते का तापक्रम	$= 98\ 8°$ C
गरम पानी का तापक्रम	$= 33\ 8°$ C
जस्ते के तापक्रम का पतन	$= 65\ 0°$ C

जस्ते की दी हुई गरमी पानी की ली हुई गरमी के बराबर है।

पानी की ली हुई गरमी $38\ 67 \times 2\ 8$ calories है। इस लिये 19 17 gm जस्ता $65°$ C ठंढा होने में $38\ 67 \times 2\ 8$ calories देता है। इस लिये 1 gm जस्ता $65°$ C ठंढा होने मे $\frac{38\ 67 \times 2\ 8}{19\ 17}$ calories देता है। अतएव 1 gm जस्ता $1°$ C ठंढा होने में $\frac{38\ 67 \times 2\ 8}{19\ 17 \times 65}$ calorie अर्थात् 0 085 calorie देता है। इस लिये जस्ते का आपेक्षिक ताप = 0 085 calorie

अब हम इस प्रकार के प्रयोगों से पदार्थों के आपेक्षिक ताप का निर्णय करने के लिये एक साधारण नियम या गुर निकाल सकते हैं

	गरम पदार्थ (धातु)	ठढा पदार्थ (पानी)
मिलाने के पहिले	मात्रा $= M$ gm तापक्रम $= T^\circ_1$ आपेक्षिक ताप $= S$	मात्रा $= W$ gm तापक्रम $= T^\circ_2$
	मिश्रण का तापक्रम $= T^\circ_3$	
मिलाने के पीछे	तापक्रम का पतन $F = T^\circ_1 - T^\circ_3$ दी हुई गरमी $= M \times S \times F$	तापक्रम की वृद्धि, $R = T^\circ_3 - T^\circ_2$ ली हुई गरमी $= W \times R$

धातु की दी हुई गरमी = पानी की ली हुई गरमी,

अर्थात् $M \times S \times F = W \times R$

$$S = \frac{W \times R}{M \times F}$$

कैलरिमीटर का समशक्तिक पानी

उपरोक्त प्रयोग में calorimeter की ली हुई गरमी का कोई विचार नही किया गया है। Calorimeter उतनी ही गरमी लेता है जितनी कि उस calorimeter के बदले पानी की कुछ अतिरिक्त मात्रा लेती है। पानी की यह अतिरिक्त मात्रा जो 1° C गरम होने के लिये उतनी ही गरमी लेती है जितनी कि calorimeter 1° C गरम होने के

लिये लेता है, उसे calorimeter का **समशक्तिक पानी** (*water equivalent* of the calorimeter) कहते है। यह निम्नलिखित रीति से निकाला जा सकता है

प्रयोग ४—कैलरिमीटर का समशक्तिक पानी निकालना।

Calorimeter की मात्रा तोल कर निकालो। Calorimeter में कुछ पानी लो और उसे फिर तोलो। एक beaker में कुछ पानी लो और उसे हवा के तापक्रम से लगभग 10° C के ऊपर तक गरम करो। Calorimeter के पानी का तापक्रम मालूम कर लो। गरम पानी का भी तापक्रम देख लो। Calorimeter के ठंढे पानी में कुछ गरम पानी तुरत छोड दो और फिर कुल पानी को चलाते रहो जब तक कि उसका तापक्रम स्थिर न हो जावे। अब इस अन्तिम तापक्रम को देख लो। इसके पहिले के प्रयोग में काम में लाये हुए *calorimeter* से किये हुए इस प्रकार के एक प्रयोग से प्राप्त निम्नलिखित हिसाब से तुम्हें यह मालूम हो जायगा कि इस प्रयोग का नतीजा किस तरह निकालना चाहिये

Calorimeter की मात्रा	=28 30 gm
Calorimeter और ठंढे पानी की मात्रा	=65 30 gm
Calorimeter + ठंढा पानी + गरम पानी की मात्रा	=89 80 gm
इस लिये ठंढे पानी की मात्रा	= 37 00 gm
और गरम ,,	=24 50 gm
ठंढे पानी का तापक्रम	= 29 0° C

गरम पानी का तापक्रम =40 0 C

मिश्रण का तापक्रम =33 2° C

इस लिये ठढ पानी के तापक्रम की वृद्धि = 4 2° C

और गरम पानी के तापक्रम का पतन = 6 8° C

गरम पानी की दी हुई गरमी = 24 5 × 6 8 calories

= 166 6 calories

इस गरमी ने केवल calorimeter के पानी ही को गरम नहीं किया है वरन् calorimeter को भी गरम किया है। परन्तु चूकि 37 gm पानी 4 2° C गरम होने के लिये इस गरमी में से 37 × 4 2 calories अर्थात् 155 4 calories ली है, इस लिये calorimeter ने 4 2° C गरम होने के लिये 166 6 − 155 4 calories अर्थात् 11 2 calories अवश्य ली होगी। इस लिये calorimeter 1° C गरम होने के लिये $\frac{11\ 2}{4\ 2}$ calories अर्थात् 2 7 calories लेता है। यह गरमी 2 7 gm पानी के तापक्रम को 1° C बढा देगा। इस लिये calorimeter का समशक्तिक पानी अर्थात् वह अतिरिक्त पानी जो 1° C गरम होने के लिये उतनी ही गरमी लेगा जितनी कि calorimeter स्वय 1° C गरम होने के लिये लेगा, 2 7 gm है।

Calorimeter की ली हुई गरमी का विचार करके ठोस वस्तु का आपेक्षिक ताप शुद्धता के साथ निकालना।

यदि तुमको calorimeter के समशक्तिक पानी का परिमाण मालूम हो तो तुम्हें आपेक्षिक ताप के लिये जो फल

प्रयोग ३ में मिला था उससे अधिक शुद्ध फल मिल सकता है। इस तरह हम प्रयोग ४ में पाये हुए फलों से प्रयोग ३ के फल को शुद्ध कर सकते है जैसा नीचे दिखाया गया है, इसी तरह तुमको भी अपने अपने फलों को शुद्ध कर लेना चाहिये।

Calorimeter और पानी की मात्रा	= 66 97 gm
Calorimeter की मात्रा	= 28 30 gm
Calorimeter के पानी की मात्रा	= 38 67 gm
Calorimeter का समशक्तिक पानी	= 2 70 gm
पानी की पूर्णमात्रा (W)	= 41 37 gm

प्रयोग ३ से

$M = 19\ 17$ gm

$R = 2\ 8^\circ C$

$F = 65^\circ C$

$$S = \frac{W \times R}{M \times F} = \frac{41\ 37 \times 2\ 8}{19\ 17 \times 65} = 0\ 093$$

हिसाब लगाकर समशक्तिक पानी निकालना

Calorimeter का समशक्तिक पानी हम हिसाब लगाकर भी निकाल सकते है यदि हमें उस धातु का आपेक्षिक ताप मालूम हो जिसका वह calorimeter बना हुआ है। प्रयोग ३ में जिस calorimeter से काम लिया गया है वह तांबे का बना हुआ था। तांबे का आपेक्षिक ताप 0 095 है। Calorimeter की मात्रा 28 3 gm थी। इस लिये

calorimeter को 1° C गरम करने के लिये 28.3×0.095 calories की आवश्यकता होगी। इस गरमी से 28.3×0.095 gm पानी 1° C गरम होगा। इस लिये calorimeter का समशक्तिक पानी $= 28.3 \times 0.095$ gm

साधारणत, यदि Cm = Calorimeter की मात्रा

और Cs = Calorimeter का आपेक्षिक ताप

Cw = Calorimeter का समशक्तिक पानी,

$$Cw = Cs \times Cm$$

इस लिये calorimeter की ली हुई गरमी का विचार करने पर हमें पृष्ठ १८ में दी हुई रीति के अनुसार पानी की मात्रा W में $Cs \times Cm$ जोड़ देना चाहिये और उस गुर को इस तरह लिखना चाहिये

$$S = \frac{(W + Cs \times Cm) \times R}{M \times F}$$

नोट—आपेक्षिक ताप पर प्रयोग करने के समय [illegible] यह अधिक अच्छा होगा कि thermometer के [illegible] से काम लिया जाय जिसके एक छोर पर झुका [illegible] ऐसे झुके हुए तार के टुकड़े को [illegible] साथ stirrer में भी गरमी जाती है [illegible] को मात्रा के साथ जोड़ [illegible] रोकने के लिये [illegible] होता है [illegible] जब calorimeter [illegible] लिया [illegible]।

उदाहरण १—95 gm वजन के और 98° C तापक्रम के एक धातु के टुकडे को 16° C तापक्रम के 50 gm पानी में डाल दिया गया जिस से पानी का तापक्रम 28° C तक चढ गया। उस धातु का आपेक्षिक ताप निकालो।

$$S = \frac{W \times R}{M \times F},$$

जहा S=धातु का आपेक्षिक ताप, W=पानी की मात्रा, R=पानी के तापक्रम की वृद्धि, M=धातु की मात्रा, F=धातु के तापक्रम का पतन।

$$S = \frac{50 \times 12}{95 \times 70} = 09$$

उदाहरण २—तावे के एक calorimeter और एक stirrer की तोल 30 63 gm है। 10 21 gm तोल के कुछ चादी के चूर को 101 9° C तक गरम करके एक calorimeter के भीतर 81 34 gm पानी में डाल दिया गया है। इससे पानी का तापक्रम 11 09° C से 11 71° C तक चढ गया है। तो बताओ चादी का आपेक्षिक ताप क्या है।

$$S = \frac{(W + Cs \times Cm) \times R}{M \times F},$$

जहा S=चादी का आपेक्षिक ताप, W=पानी की मात्रा, R=पानी के तापक्रम की वृद्धि, M=चादी की मात्रा, F=चादी के तापक्रम का पतन, Cs=उस धातु क

आपेक्षिक ताप जिससे calorimeter और stirrer बने हुए है, Cm=calorimeter और stirrer की मात्रा।

$$S=\frac{(81\ 34+30\ 63\times0\ 095)\times0\ 62}{10\ 21\times90\ 19}=0\ 057$$

अभ्यास ३

(१) 35 4 gm तोल के एक तावे के calorimeter का समशक्तिक पानी क्या है? तावे का आपेक्षिक ताप=0 095

(२) 128 gm तोल और 78° C तापक्रम की किसी एक वस्तु को 250 gm पानी मे छोड दिया गया जिससे उस पानी का तापक्रम 12° C से 30° C तक चढ गया। उस वस्तु का आपेक्षिक ताप निकालो।

(३) 40° C तापक्रम के 91 gm पारा को 17° C तापक्रम के 20 gm पानी के साथ हिलाने से पानी का अन्तिम तापक्रम 20° C हो गया। तो बताओ पारे का आपेक्षिक ताप क्या है।

(४) 62° C तापक्रम के 255 gm पीतल को 32° C तापक्रम के 120 gm पानी में छोड देने पर पानी का अन्तिम तापक्रम 37° C हो गया। तो बताओ पीतल का आपेक्षिक ताप क्या है।

(५) निम्नलिखित फलों से तावे का आपेक्षिक ताप निकालो —एक तावे के calorimeter की तोल 35 gm है और इसका तापक्रम 25 5° C है। इसमें 64° C

तापक्रम का 20 6 gm पानी डाला गया है। अन्तिम तापक्रम 58 7° C है।

(६) यदि 98° C. तापक्रम का 90 gm पारा 18° C तापक्रम के 100 gm पानी के साथ मिलाया जावे और अन्तिम तापक्रम 20 3° C हो तो पारे का आपेक्षिक ताप क्या है?

(७) एक भट्टी का तापक्रम मालूम करने के लिये निम्न-लिखित प्रयोग किया गया :

100 gm तोल के एक platinun का टुकड़ा उस भट्टी में गरम किया गया। जब इसका तापक्रम भट्टी के तापक्रम के बराबर पहुंच गया तब उसे तुरत एक बरतन में छोड़ दिया गया जिसमें 20° C तापक्रम का कुछ पानी था। पानी का तापक्रम 24° C तक चढ गया। Calorimeter के पानी की और calorimeter और stirrer के समशक्तिक पानी की तोल मिलकर 460 gm थी। अब इस भट्टी का तापक्रम निकालो। Platinum का आपेक्षिक ताप = 0 0365

(८) तुम्हें यह निकालना है कि 1 gm चांदी 1° C ठंढी होने में कितनी गरमी देती है। इस प्रयोग को तुम किस प्रकार करोगे वर्णन करो।

(९) इससे क्या अभिप्राय होता है जब हम यह कहते है कि पानी का आपेक्षिक ताप तांबे के आपेक्षिक ताप से 10 गुना अधिक है?

(१०) यदि 50° C तापक्रम के 200 gm तारपीन को

एक बरतन में डाल दिया जाय जिस में 30° C तापक्रम का 400 gm पानी है तो दोनों को अच्छी तरह मिला देने पर तापक्रम क्या होगा ? तारपीन का आपेक्षिक ताप = 0 425 जिस धातु का calorimeter बना हुआ है उसका और calorimeter की मात्रा का हमने कोई विचार नहीं किया है, इससे अन्तिम फल पर क्या प्रभाव पडेगा ?

(११) खौलते हुए पानी और 15° C तापक्रम के पारे की बराबर मात्रायें एक साथ मिला दी गई है। अन्तिम तापक्रम क्या होगा ? पारे का आपेक्षिक ताप = 0 033

(१२) 60° C तापक्रम की कुछ ग्लिसरीन और उसी आयतन का 20° C तापक्रम के तारपीन एक साथ मिला दिये गये है। दोनों के मिलने पर अन्तिम तापक्रम निकालो। ग्लिसरीन का घनत्व = 1 20 gm per c c, तारपीन का घनत्व = 0 87 gm per c c, ग्लिसरीन का आपेक्षिक ताप = 0 58, तारपीन का आपेक्षिक ताप = 0 47

(१३) 33 gm पानी 50° C से 0° C तक ठढा होने मे जो गरमी देता है उसे – 10° C तापक्रम के 1 kilogram पारे को गरम करने के लिये काम में लाते है। तो बताओ पारे का तापक्रम कहा तक चढेगा ? पारे का आपेक्षिक ताप = 0 033

(१४) 120 gm तोल के एक सीसे के टुकडे को 90°C तक गरम करने के पीछे 25 gm तोल के एक तांबे के

calorimeter में रक्खा हुआ 15° C तापक्रम के और 100 gm तोल के एक द्रव पदार्थ में छोड दिया गया। यदि मिश्रण का अन्तिम तापक्रम 25° C हो तो उस द्रव पदार्थ का आपेक्षिक ताप क्या होगा? तावे का आपेक्षिक ताप = 0 095, सीसे का आपेक्षिक ताप = 0 031

(१५) 100° C तापक्रम के एक जस्ते के टुकडे को 20 gm के एक लोहे के बरतन मे रक्खा हुआ 20° C तापक्रम के 200 gm पानी में डाल दिया गया है। यदि मिश्रण का अन्तिम तापक्रम 25° C हो तो जस्ते के टुकडे की तोल क्या होगी? जस्ते का आपेक्षिक ताप = 0 094, लोहे का आपेक्षिक ताप = 0 114

बरफ़ के द्रवीभवन का प्रच्छन्न ताप

प्रयोग ५—यह दिखाना कि पिघलती हुई बरफ अपना तापक्रम न बढ़ाकर ताप ग्रहण कर सकती है।

एक बडी परख नली (test tube) में एक thermometer रक्खो। परख नली के भीतर घुडी के चारों ओर बरफ़ रक्खो ताकि thermometer की नली लगभग १ इच तक बरफ़ से ढकी रहे। एक beaker में कुछ ठढा पानी रख कर उसी में इस परख नली को रख दो और पानी को धीरे धीरे गरम करो। Thermometer को

थोडी थोडी देर के बाद पढते जाओ। तुम देखोगे कि जब तक कुछ भी बरफ़ बिना पिघली रह गई है तब तक thermometer का पारा एकही जगह स्थिर रहता है। जब कुल बरफ़ पिघल जाती है तब परख नली के पानी का तापक्रम चढता जाता है।

इस प्रयोग में तुम देखते हो कि यद्यपि beaker के पानी से ताप परख नली में बराबर जा रहा था तथापि उस नली के भीतर की वस्तु पहिले से अधिक गरम नहीं हुई। तो अब यह प्रश्न अवश्य हो सकता है कि परख नली में जो ताप जा रहा था वह किस काम में आता था। यह ताप बरफ़ को ठोस अवस्था से द्रव अवस्था में लाने के लिये काम आता था। जब तक यह ताप इस काम को कर रहा था तब तक यह ताप बरफ़ के तापक्रम को कुछ भी नही बढाता था। बरफ़ के तापक्रम को न बढाकर उसे ठोस की दशा से द्रव की दशा में बदलने के लिये जिस ताप की आवश्यकता होती है उसे **प्रच्छन्न** या **अनुद्भुत ताप** (*latent heat*) कहते हैं। "Latent" एक Latin शब्द है जिसका अर्थ "प्रच्छन्न" अर्थात् "छिपा हुआ" है, और यहा इस शब्द के प्रयोग होने का कारण यह है कि बरफ़ को पानी के रूप में लाने के लिये जितना ताप लगता है वह बरफ़ के तापक्रम को कुछ भी नही बढाता है और इस लिये छिपा हुआ या प्रच्छन्न मालूम होता है। जिस क्रिया के द्वारा किसी पदार्थ को ठोस की दशा से द्रव की दशा मे

परिवर्त्तन किया जाता है उसे **द्रवीभवन** या पिघलना (*fusion*) कहते हैं और 0° C तापक्रम की 1 *gm* बरफ़ को 0° C तापक्रम के पानी में बदलने के लिये जितने ताप की आवश्यकता होती है उसे **बरफ़ के द्रवीभवन का प्रच्छन्न ताप** (*latent heat of fusion of ice*) कहते हैं।

प्रयोग ६—बरफ़ के द्रवीभवन का प्रच्छन्न ताप निकालना।

तांबे के एक calorimeter को तोल (W_1) निकाल लो और इसका समशक्तिक पानी ($W_1 \times 0.095$) निर्णय कर लो। एक beaker में कुछ पानी को laboratory के तापक्रम से लगभग 25 अंश ऊपर तक गरम करो। इस पानी में से लगभग 150 gm पानी calorimeter में छोड दो। अब फिर calorimeter को तोल कर उसके पानी की मात्रा (W_2) ठीक ठीक मालूम कर लो। बरफ़ के प्राय. 1 cc आयतनवाले छोटे छोटे लगभग १० टुकडे एक ब्लाटिंग कागज़ पर रख कर अच्छी तरह सुखा लो। calorimeter के पानी को thermometer से चला दो और जब यह देखो कि इसका तापक्रम *laboratory* के तापक्रम से 5 या 6 अंश ऊपर है तब उस तापक्रम (T_1) को शुद्धता के साथ पढ लो और तुरत ही सूखी बरफ़ को calorimeter में डाल दो। पानी और बरफ़ को thermometer से चलाओ और जब यह देखो कि सब बरफ़ पिघल गई है तब तुरत

पानी के तापक्रम (T_2) को पढ लो और thermometer को निकाल लो। Calorimeter और उसके भीतर की वस्तुओं की तोल (W_3) निकाल लो। अपने फलों को इस तरह लिखो :—

Calorimeter की मात्रा (W_1)	=	gm
Calorimeter और गरम पानी की मात्रा (W_2)	=	gm
गरम पानी की मात्रा ($W_2 - W_1$)	=	gm
Calorimeter और गरम पानी और बरफ की मात्रा (W_3)	=	gm
बरफ की मात्रा ($W_3 - W_2$)	=	gm
पानी का आदिम तापक्रम (T_1)	=	°C
पानी का अन्तिम तापक्रम (T_2)	=	°C

यदि हम बरफ़ के द्रवीभवन का प्रच्छन्न ताप अर्थात् latent heat of fusion of ice को L calories मान लें और विकीरण के कारण जो गरमी नष्ट हो गई है उसे छोड दे तो

बरफ़ को ली हुई गरमी = गरम पानी की दी हुई गरमी,

अर्थात् $(W_3 - W_2)L + (W_3 - W_2)T_2$
$$= \{(W_2 - W_1) + W_1 \times 0.095\}(T_1 - T_2),$$

अर्थात् $(W_3 - W_2)L$
$$= \{(W_2 - W_1) + W_1 \times 0.095\}(T_1 - T_2) - (W_3 - W_2)T_2,$$

अर्थात् $L = \dfrac{\{(W_2 - W_1) + W_1 \times 0.095\}(T_1 - T_2) - (W_3 - W_2)T_2}{W_3 - W_2}$

इस प्रयोग को दोहराओ और दोनों नतीजो का औसत निकालो।

बरफ़ के द्रवीभवन के प्रच्छन्न ताप के लिये ठीक फल 80 calories प्रति gm होता है।

अभ्यास ४

(१) 6 kgm बरफ़ के पिघलने के लिये कितनी गरमी की आवश्यकता है ?

(२) 60° C तापक्रम के 500 c c पानी में कितने gm बरफ़ छोडनी चाहिये कि पानी का तापक्रम 30° C तक उतर जावे ?

(३) 1 kgm उबलते हुए पानी से 0° C तापक्रम की कितनी बरफ़ पिघल जायगी ?

(४) 50° C तापक्रम का कितना पानी 5 km बरफ़ को पिघलाने के लिये ठीक पूरा होगा ?

(५) 80° C तापक्रम का कितना पारा 0° C तापक्रम के 33 gm बरफ़ को पिघला देगा ? (पारे का आपेक्षिक ताप = 0 033)

(६) 50°C तापक्रम के 30 gm पानी में 0°C तापक्रम के 10 gm बरफ़ मिलाने से अन्तिम तापक्रम क्या होगा ?

(७) 1 kgm तोल के एक लोहे के टुकडे को 100° C तक गरम करके कुछ बरफ़ और पानी के मिश्रण में छोड दिया गया। बताओ इस से कितना बरफ़ पिघल जावेगा। (लोहे का आपेक्षिक ताप = 0 114)

(८) एक प्रयोग में यह देखा गया कि 100°C तापक्रम के 16 gm तांबे ने 2 gm बरफ़ को ठीक पिघला दिया। इन फलों से तांबे का आपेक्षिक ताप निकालो।

(९) 60 gm बरफ़ 50° C तापक्रम के 200 gm पानी में छोड दी गई। कुल बरफ़ पिघल जाने पर पानी का तापक्रम 20° C था। बरफ़ के द्रवीभवन या पिघलने का प्रच्छन्नताप निकालो।

(१०) एक प्रयोग में पाये हुए निम्नलिखित फलों से बरफ़ के द्रवीभवन का प्रच्छन्न ताप हिसाब लगा कर निकालो .

तांबे के calorimeter की मात्रा	= 29 8 gm
तांबे के calorimeter + गरम पानी की मात्रा	= 74 5 gm
तांबे के calorimeter + गरम पानी + बरफ़ की मात्रा	= 82 3 gm
Calorimeter के पानी का आदिम तापक्रम	= 28 4° C
Calorimeter के पानी का अन्तिम तापक्रम	= 13 3° C

वाष्पीभवन का प्रच्छन्न ताप

प्रयोग ७—यह दिखाना कि जब कोई द्रव पदार्थ भाफ बन कर उड़ जाता है तब वह ताप ग्रहण करता है।

लकडी के एक पतले टुकडे पर पानी की कई बूंद छोड दो। और उस पानी के ऊपर एक beaker रक्खो जिस में थोडा ether हो, ऐसा करने से beaker और लकडी के बीच में पानी का एक पतला परत बन जाता है। लगभग 1 फुट लम्बी एक काच की नली लो और उसका एक सिरा अपने मुह में और दूसरा ether में डाल कर जोर से

ताकि हवा ether के भीतर से हो कर निकलती रहे। Ether तुरत सूखने लगता है और कुछ देर में लकडी और beaker के बीच का पानी जम कर बरफ़ हो जाता है जिस से ether लकडी से चिपक जाता है। इसका कारण यह है कि ether भाफ बन कर उड जाने के लिये गरमी पानी से ली है जो इस तरह ठढा होते होते अंत में जम कर बरफ़ हो गया।

यदि तुम अपने हाथ पर कुछ ether छिडक दो तो तुम देखोगे कि यह तुरत सूख जायगा और तुम्हारे हाथ में ठढक मालूम होगी, भाफ बन कर उड जाने के लिये ether को जितनी गरमी की आवश्यकता थी वह तुम्हारे हाथ से ली गई है। तुम यह भी जानते हो कि वर्षा ऋतु में पखे की हवा के नीचे बैठने से ठढक मालूम होती है। इसका कारण यह है कि पखे के चलने से तुम्हारे पास लगातार ताजी हवा आती रहती है जिस से तुम्हारे शरीर की आर्द्रता शीघ्र सूख जाती है, भाफ बनने के लिये जितनी गरमी लगती है वह तुम्हारे शरीर से जाती है जो इस तरह ठढा होता रहता है।

भाफ का प्रच्छन्न ताप

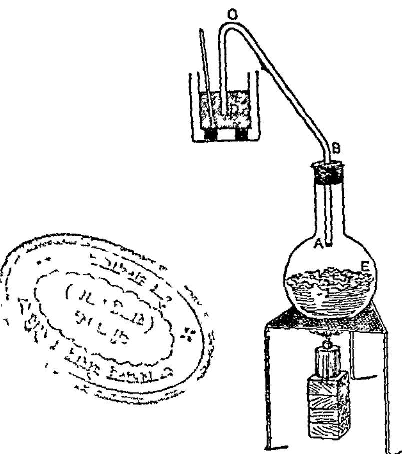
तुम यह तो पहिले ही से जानते हो कि जब पानी गरम किया जाता है तो उसका तापक्रम बराबर बढता चला जाता है और अन्त में वह पानी उबलने लगता है, उस समय

उसका तापक्रम स्थिर रहता है। पानी का उबलना आरम्भ होने पर उसका तापक्रम न चढने का कारण यह है कि जितनी गरमी लौ से पानी में आती है वह सब पानी को द्रव की अवस्था से भाफ की अवस्था में बदलने के लिये खर्च हो जाती है। **भाफ का प्रच्छन्न ताप (latent heat of steam** या *latent heat of vaporisation of water*) उस ताप की मात्रा को कहते हैं जो 100° C तापक्रम के 1 gm पानी को 100° C तामक्रम के भाफ में बदलने के लिये आवश्यक होती है। इस तापमात्रा का मान 536 calories प्रति gm है। जब 100° C तापक्रम की 1 gm भाफ जमकर 100° C तापक्रम का पानी हो जाती है तो उस से उतनी ही गरमी निकलती है।

प्रयोग ८—भाफ का प्रच्छन्न ताप निकालना।

एक flask में कुछ पानी रक्खो। इस flask में एक झुकी हुई नली लगा दो जैसा नीचे के चित्र में दिखाया गया है, नली को इस तरह लगाना चाहिये कि उसका BC हिस्सा flask की तरफ़ झुका हुआ हो और BC लगभग 1 फुट और CD 5 फ़ीट लम्बी हो। Flask को लोहे की एक तिपाई पर रख कर पानी को गरम करो। एक calorimeter को तोल लो। इसमें लगभग 200 gm पानी डालो और फिर तोल कर पानी की ठीक ठीक तोल निकाल लो। Calorimeter को टिन के एक बरतन में काग

के टुकडो पर रक्खो। Calorimeter के पानी का तापक्रम* अच्छी तरह पढ लो। कुछ मिनट तक नली से भाफ निकलने के पीछे D सिरे पर जो कुछ पानी लगा हुआ हो



चित्र २

उसे पोछ लो और तुरत calorimeter की नली के पास लाओ ताकि D सिरा पानी के भीतर कुछ नीचे तक चला जावे।

---

* नोट—यह फल प्राप्त होने के लिये यह तापक्रम हवा के तापक्रम से लगभग ८° C कम होना चाहिये, Calorimete को बरफ़ से ठंढा किया जा सकता है।

Thermometer के द्वारा calorimeter के पानी को बराबर चलाते जाओ और जब तक calorimeter के पानी का तापक्रम लगभग 10° C न बढ जावे तब तक नली के सिरे को पानी के भीतर से न निकालो। अब calorimeter को हटा लो और पानी के तापक्रम को अच्छी तरह पढ लो। अन्त में calorimeter और उसके भीतर के पानी को तोल कर जमी हुई भाफ की तोल निकाल लो।

इस प्रयोग का फल निम्नलिखित रीति से हिसाब लगाकर निकाला जायगा —

मान लो कि M_1 = ठढे पानी की मात्रा जिस में calorimeter का समशक्तिक पानी भी शामिल है।

„ M_2 = जमी हुई भाफ की मात्रा।

„ T_1°C = पानी का आदिम तापक्रम।

„ T_2°C = „ अन्तिम „ ।

„ L = भाफ का प्रच्छन्न ताप।

ठढे पानी और calorimeter ने जितनी गरमी ली है वह $M_1 \times (T_2 - T_1)$ calories है। भाफ से निकली हुई गरमी = जम कर पानी के रूप में बदल जाने में M_2 gm भाफ की दी हुई गरमी + 100° C से T_2°C तक ठढा होने में M_2 gm पानी की दी हुई गरमी = $M_2 \times L$ calories + $M_2 \times (100 - T_2)$ calories

परन्तु ठढे पानी और calorimeter की ली हुई गरमी = भाफ की दी हुई गरमी।

इस लिये, $M_1(T_2 - T_1) = M_2 \times L + M_2(100 - T_2)$,

अर्थात्, $L = \frac{M_1(T_2 - T_1) - M_2(100 - T_2)}{M_2}$

अभ्यास ५

(१) 30° C तापक्रम के 50 gm पानी को 100° C तापक्रम की भाफ मे बदलने के लिये कितनी गरमी की आवश्यकता होगी?

(२) 0° C तापक्रम की 50 gm बरफ़ को 100° C तापक्रम की भाफ में बदलने के लिये कितनी गरमी की आवश्यकता होगी?

(३) —10°C तापक्रम की 50 gm बरफ़ को 115°C तापक्रम की भाफ में बदलने के लिये कितनी गरमी आवश्यक है? (बरफ का आपेक्षिक ताप = 0 5, भाफ का आपेक्षिक ताप = 0 46)

(४) 0° C तापक्रम की 1 kgm बरफ़ को 50° C तापक्रम के पानी के रूप में बदलने के लिये 100°C तापक्रम की कितने gm भाफ की आवश्यकता होगी?

(५) 0 1 आपेक्षिक ताप के किसी एक calorimeter की तौल 150 gm है। इस में 15° C तापक्रम के 250 gm पानी है। जब 100° C तापक्रम की 30 gm भाफ उस

पानी में आकर जम गई तो पानी का तापक्रम 78 5°C तक चढ गया। इस से भाफ का प्रच्छन्न ताप निकालो।

(६) 40 gm भाफ से कितनी बरफ़ पिघल सकती है?

(७) कितने gm लोहा 250° C से 100° C तक ठढा होने में 0° C तापक्रम की 5 gm बरफ़ को 100° C तापक्रम की भाफ में परिवर्त्तन कर सकेगा? (लोहे का आपेक्षिक ताप = 0 112)

(८) जब 100° C तापक्रम की 1 gm भाफ 20° C तापक्रम के 19 5 gm पानी मे चलाई जाती है तो उस पानी का तापक्रम 50° C तक चढ जाता है। इन फलो से भाफ का प्रच्छन्न ताप निकालो।

(९) 0 1 आपेक्षिक ताप के एक calorimeter में जिसकी तोल 28 gm है 34° C तापक्रम के 39 gm पानी है। यदि इस पानी में 100° C तापक्रम की 2 gm भाफ चलाई जाय तो उसका अन्तिम तापक्रम क्या होगा?

(१०) किसी एक प्रयोग में पाये हुये निम्नलिखित फलों से भाफ का प्रच्छन्न ताप हिसाब लगाकर निकालो:

Calorimeter (आ० ता० = 0 1) की तोल		= 28 5 gm.
,, + पानी	,,	= 70 8 gm
,, + ,, + जमी हुई भाफ	,,	= 72 4 gm
पानी का आदिम तापक्रम		= 30° C
,, ,, अन्तिम	,, ...	= 50 5° C

दूसरा अध्याय

साधारण यन्त्रों का तैयार करना

काग का नरम करना—नया काग इतना कठिन होता है कि काच के किसी बरतन के मुंह पर अच्छी तरह नहीं लगता है। यदि इसे बोतल या नली के मूंह के भीतर जोर से इस तरह दबा दिया जाय कि हवा का रास्ता भी बन्द हो जाय तो काच के टूटने या चिटकने का बहुत डर रहता है।

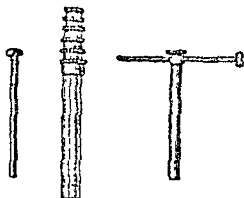
एक नया काग लो और उसे जमीन पर रख कर अपने बूट की तली से लुडकाते हुए दबाते जाओ और क्रमशः उस पर अपने पैर का दबाव बढ़ाते जाओ। इस तरह काग को जमीन पर कई बार आगे पीछे लुडका कर उठा लो। अब इसे अच्छी तरह देखने से तुम्हें मालूम होगा कि यह काग अब पहिले की अपेक्षा बहुत **नरम** हो गया है, और तुम यह भी देखोगे कि नरम न किए हुए काग की अपेक्षा यह काग काच के किसी बरतन में अधिक सुगमता से ठीक ठीक बैठाया जा सकता है और काग नरम होने के कारण काच के टूटने का भी डर बहुत कम रहता है।

काग का छांटना—यह अत्यन्त आवश्यक है कि काग खूब साफ़ हो और उस यन्त्र में ठीक ठीक लग जावे जिस के लिये वह छाटा गया है। साफ़ काग की यह

पहचान है कि उसका रंग हल्का हो और उसमें किसी प्रकार के छेद या दरार न हो। किसी नली या flask में लगाने के लिये काग काटने के समय तुम्हें एक ऐसा काग लेना चाहिये जो नरम किये जाने के पहिले उस नली या flask के भीतर अपनी लम्बाई का चौथा भाग तक चला जाय अथवा नरम किये जाने के पीछे अपनी लम्बाई का आधा भाग चला जाय। यदि कोई काग मुंह के भीतर कुछ दूर तक न जाय तो उसका बहुत आसानी से निकल आने का डर रहता है और यदि यह भीतर बहुत दूर तक चला जाय तो अधिक सम्भव है कि हवा का रास्ता बिलकुल बन्द नहीं होगा। काग का ठीक ठीक लगाना एक ऐसा विषय है जिस पर यथोचित ध्यान नहीं दिया जाता है। कभी कभी ऐसा होता है कि जिस प्रकार का काग चाहिये ठीक उसी प्रकार का काग मिलना कठिन हो जाता है परन्तु ऐसी दशा में बहुत ढीला या बहुत कसा काग न लेकर तुम्हें एक और flask या नली माग लेना चाहिये जिसमें काग ठीक ठीक बैठ जाय।

काग मे छेद करना। काग छेदनेवाला यन्त्र (*Cork borer*)—यह यन्त्र धातु का एक नल है जिस का एक सिरा बहुत तेज होता है और दूसरे सिरे में पकड़ने के लिये किसी प्रकार का एक बेंट लगा रहता है। काटनेवाले सिरे को तेज रखना बहुत आवश्यक है और यह एक छोटे रेत के द्वारा हो सकता है। यदि यह तेज किनारा कुछ

हो जाय तो उसे फिर अवश्य तेज कर लेना चाहिये और इसलिये नली के भीतर एक गोल रेत दबा कर उस छेदनेवाले यन्त्र को लगातार घुमाना चाहिये जब तक कि उसका किनारा फिर बराबर होकर तेज न हो जावे।



चित्र •

एक हाथ मे काग और दूसरे में cork borer लो। काग के ऊपर borer को जोर से दबाओ और साथ ही उसे घुमाते जाओ। यह बहुत ही आवश्यक है कि borer बराबर काग के साथ समकोन में हो नही तो छेद सीधा नहो होगा। यदि तुम बराबर छेद करते चले जाओ जब तक कि borer का काटनेवाला सिरा काग के पेंदे से न निकल आवे, तो तुम देखोगे कि प्राय. काग के पेंदे से छोटे छोटे टुकडे टूट कर निकल आते है, इस लिये छेद करने को सब से अच्छी रीति यह है कि पहिले काग के एक सिरे से प्राय. आधे से कुछ अधिक दूर तक छेद कर लिया जाय और फिर borer को निकाल कर दूसरे सिरे से बाकी आधा

छेद लिया जाय। परन्तु यदि यह दोनों छेद सीधे न हो तो वह नहीं मिलेंगे और काग फिर किसी काम मे न आवेगा।

काग छेदने में जो काग का टुकडा बीच मे कट कर निकल आता है वह प्राय borer मे रह जाता है, उसे एक मजबूत छड से ठेल कर निकाल देना चाहिये, यह छड borer के साथ ही रहता है और प्राय वेंट के काम में भी आता है।

Cork borer प्राय एक एक करके अलग अलग नहीं बिकते परन्तु छोटे बडे कई cork borer एक दूसरे के अन्दर रक्खे हुए एक साथ बिकते है।

काच की नली का काटना—काच की नली को मेज पर रक्खो और एक तेज रेत का **किनारा** उसके ऊपर रख कर थोडा दबाते हुए **एकबार** खीच लो। रेत से इस तरह काच मे एक छोटा गडहा सा बन जाता है।



चित्र ४

नली को उठा लो और गडहे की उल्टी तरफ के काच पर अपने दोनों हाथों के अगूठों को रख कर उसे पकडो और फिर अगूठों से दबाते जाओ और हाथों से खींचते जाओ मानों कि तुम वह छोटे गडहे को और चौडा करनेको

चेष्टा कर रहे हो। यह करने पर नली उस जगह से टूट जाना चाहिये जहां यह रेत से काटी गई थी।

यह गड्ढा कुछ गहरा होना चाहिये, इसलिये रेत को कुछ जोर से दबाने की आवश्यकता है, परन्तु दबाव बहुत अधिक होने पर नली टूट जायगी। नली को तोडने के लिये उसे इस तरह पकडना चाहिये कि गड्ढा तुम्हारे सामने न रहे वरन् उल्टी तरफ रहे, तब तुम्हारे चेहरे के कटने का कोई डर नहीं है।

कांच की नली के किनारों को गोल करना— जब कोई नली कट चुकती है तब उसके किनारे तेज रहते हैं और यदि इस अवस्था में किसी छेद किये हुए काग के भीतर उसे चला दिया जाय तो यह काग टूट सकता है। **कांच की नली को काटने के पीछे सदा निम्नलिखित नियमानुसार तुरंत गोल कर लेना चाहिये :—**

काच की नली का एक ऐसा टुकडा लो जो अभी काटा गया है और धीरे धीरे कटे हुए सिरे को bunsen या spirit की बत्ती की शिखा में गरम करो। नली को बराबर घुमाते जाओ ताकि वह सिरा बराबर गरम होते होते अन्त में बिलकुल लाल हो जाय। अब तुम देखोगी कि काच थोडा थोडा पिघलता है और वह तेज खुरदरे किनारे जाते रहते हैं। जब सिरा चिकना हो जाय तो नली को शिखा से निकाल लो और काच को धीरे धीरे ठंढा होने दो।

कांच की नली को झुकाना—चूंकि काच गरम करने से नरम हो जाता है इसलिये काच की नली को हम जिस तरह चाहे झुका सकते है। परन्तु इस में दो बातों का विशेष ध्यान रखना चाहिये, एक तो यह कि नली को उसकी परिधि के चारों ओर से बराबर एक समान गरम करना चाहिये और दूसरा यह कि नली को कुछ अधिक दूर तक गरम करना चाहिये।

कई इंच लम्बी एक कांच की नली लो और उसके मध्य भाग को bunsen burner पर गरम करो। जब यह इतनी नरम हो जाय कि अच्छी तरह झुक सके तो उसे एक समकोन में झुका दो। इस प्रयोग में इन बातों पर कुछ ध्यान न दो कि नली को घुमाना चाहिये या उसे कुछ अधिक दूर तक गरम करना चाहिये। यद्यपि नली झुकाने में टूट न जाय तथापि झुका हुआ हिस्सा चित्र *b* के सदृश हो जायगा। **यह रीति ठीक नहीं है।** यदि तुम इस झुकी हुई नली को पहिले ठढा होने दो और फिर तोडने की चेष्टा करो तो तुम देखोगे कि यह बहुत ही आसानी से टूट जाती है। सम्भव है कि यदि उसे आच में फिर गरम करने की कोशिश करो तो भी यह टूट जायगी। इसका कारण यह है कि झुकाव के बाहर की ओर काच पर खींचाव पडने से यह पतली हो गई है और भीतर की ओर काच एक जगह जमा हो जाने से कहीं अधिक और कही कम मोटो हो गई है। अब यदि ऐसी नली गरम की जाय

तो झुकाव की चारों ओर समान फैलाव नहीं होता है और इस लिये नली इस जगह से टूट जाती है।



a, a well bent tube
b a badly bent tubo

चित्र ५

अब ऐसी एक और नली लो परन्तु उसे साधारण bunsen शिखा पर गरम न करके चमगीदड़ के पंख (batswing) या मछली की दुम (fishtail) के सदृश चपटी शिखा पर गरम करो। धुआ और काजल से कोई हानि नहीं होगी (नोट देखो)*। काच की नली को जितनी लम्बाई तक हो सके उतनी लम्बाई तक अवश्य गरम करना चाहिये। नली को शिखा पर रख कर धीरे धीरे घुमाते जाओ। इसे पकड़ने के लिये सब से अच्छी रीति यह है कि उसे अपने दोनों हाथों की अंगुलियों और अंगुठों के बीच में रख लो, इस दशा में अंगुलियों को थोड़ा सा हिलाने से ही नली को बराबर घुमा सकते हैं।

* नोट—यदि gas न हो तो काँच की नली झुकाने के लिये एक विशेष प्रकार की spirit lamp से काम लेना चाहिये जैसा कि चित्र ६ में दिखाया गया है। इस में कम से कम २ इंच चौड़ी बत्ती होनी चाहिये, इस प्रकार की बत्ती के उपयोगी lamp बाजार में बहुत सस्ते में बन सकती है।



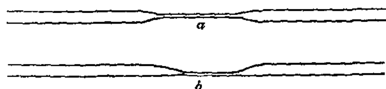
चित्र ६

जब काच नरम हो जाय तब नली से एक हाथ हटा लो और उस सिरे को अपने बोझ से आप से आप झुकने दो। यदि नली की लम्बाई इतनी कम हो कि जिसके बोझ से वह नहीं झुक सकती तो उसे झुकाने के लिये **बहुत ही धीरे धीरे** दबाते जाओ। जब तक नली आप से आप झुकती है या उसे झुकाया जाता है तब तक उसे शिखा में रक्खा जाता है। अब तुम्हारा झुकाव ऐसा होना चाहिये जैसा कि चित्र a में दिखाया गया है। झुकाव के बाहर की ओर काच अब पहिले की तरह इतना पतला नहीं हो जाता है और भीतर की ओर काच अब नीचा नहीं रहता वरन् समान और चिकना हो जाता है। तुम देखोगे कि यह झुकाव आसानी से नहीं टूटेगा और विना कोई डर के गरम किया जा सकता है।

यह स्मरण रक्खो कि जो काच गरम किया गया है उसे सदा बहुत धीरे धीरे ठंढा करना चाहिये।

टोंटी बनाना—काच की नली के एक टुकडे को बीच में bunsen शिखा पर गरम करो और उसे सावधानता से घुमाते जाओ ताकि सब जगह बराबर गरमी पहुंचे। जब काच नरम हो जाय तब उसे शिखा से निकाल लो और दोनों सिरों को पकड कर पहिले बिलकुल धीरे और फिर इस से जल्द खींच लो।

यदि काच ठीक तापक्रम तक गरम हो गया था और तुम उसे न तो बहुत जल्द और न बहुत धीरे खींचा है तो तुम देखोगे कि एक नली से दो नलिया बन गई है जो एक दूसरे के साथ एक बहुत पतली नली के द्वारा मिली हुई है। दोनों चौडे सिरे क्रमश: बराबर गावदुम होते हुए पतले हिस्से तक चले आयेंगे जिसकी लम्बाई पाच और दस cm के बीच में और बाहरी व्यास एक मिलीमीटर होना चाहिये।



a tube well drawn out
b tube badly drawn out

चित्र ७

यदि काच समान रूप से गरम न हुआ हो और दोनो सिरों पर बराबर खिचाव न पडा हो तो चौडा हिस्सा खीचे हुए पतले हिस्से तक एक समान गावदुम नही होगा और फल यह होगा कि टोंटी खराब बनेगी। नली को जैसा बताया गया है खीच कर पतले हिस्से में रेत से एक छोटा सा निशान बना लो और वहा से नली के दो टुकडे कर डालो। अब इन दोनों टोंटियों के सिरों को जितना लम्बा आवश्यक हो उतना ही लम्बा सुगमता से बना सकते हो। यह स्मरण रक्खो कि प्रत्येक टोंटी के सिरों को शिखा पर रख कर अवश्य समान कर लेना चाहिये।

काच की नली के सिरे का बन्द करना—नली के सिरे को bunsen शिखा पर रक्खो और उसे बराबर घुमाते रहो। ज्यों ज्यों काच गरम हो कर लाल होता जाता है त्यो त्यों नली का मुह छोटा होता जाता है यहा तक कि अन्त में यह बिलकुल बन्द हो जाता है।

किसी नली के सिरे पर एक छोटी घुंडी बनाना—नली के सिरे को जैसा कि पिछले प्रयोग मे बताया गया है बन्द कर दो। बन्द सिरा गरम और लाल रहते ही दूसरे सिरे को अपने मुह में डाल कर फूंको। यदि काच बहुत गरम है और तुम बहुत ही ज़ोर से फूकोगे तो कांच तुरन्त फूल कर फट जायगा। और यदि यह यथेष्ट गरम न हो अथवा तुम बहुत ही धीरे धीरे फूको तो तुम उसमें घुडी बिलकुल ही न बना सकोगे। बडो घुडी बनाना कठिन है। यदि तुम आधा centimetre व्यास की नली से एक centimetre व्यास की घुडी बना सको तो तुम्हे सन्तुष्ट हो जाना चाहिये। सिरे को एक समान गरम करना चाहिये नहो तो तुम्हारी घुडी गोले की तरह नही होगी। इस बात पर विशेष ध्यान रखना चाहिये कि केवल वही सिरा गरम किया जाय जिस पर घुडी बनाना है। यदि तुम सिरे के पास नली को भी गरम करो तो घुडी मे कुछ मोटा काच रह जायगा और सम्भव है कि घुडी एक ओर बहुत हट जायगी।

तीसरा अध्याय

पानी—इसके साथ घुले हुए पदार्थों का इसके क्वथनाङ्क पर प्रभाव

प्रयोग ८—यह दिखाना कि नल का पानी शुद्ध नहीं है।

एक साफ़ परख नली मे लगभग 50 c c नल का पानी लो। इसे अच्छी तरह देखो और यदि इसमें कोई चीज दिखाई देती हो तो एक दूसरी परखनली मे उसे छान लो।

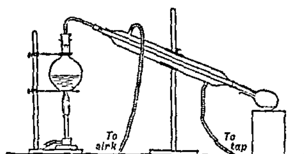
कुछ रेत से भरे हुए एक तवे (sand bath) पर एक बड़ा watch glass रक्खो और छने हुए पानी में से कुछ पानी उसमें डाल दो। Sand bath को एक bunsen से गरम करो और कुल पानी को भाफ बन कर उड जाने दो। जब watch glass बिलकुल सूख जाय तो उसे एक ताल (lens) से भली भांति देखो और जो कुछ तुम्हें दिखाई दे उसे लिख लो।

परिस्रवण—नल या कूआ का पानी शुद्ध नही है। तुमने देखा है कि इसमें थोड़े से घुले हुए पदार्थ रहते हैं। शुद्ध पानी प्राप्त होने के लिये हमें यह सब पदार्थ निकाल देना चाहिये। परन्तु, चूंकि छानने से यह नहीं जाते है, इस लिये एक दूसरा उपाय किया जाता है। पानी को उबाल कर भाफ बनाना और फिर उस भाफ को ठंढा करके पानी के

रूप में बदलने की क्रिया को **परिस्रवण या परिस्रवण करना** (distillation or distilling) कहते हैं। प्राय सब प्रकार के घोलों से शुद्ध पानी प्राप्त होने के लिये यह परिस्रवण क्रिया का प्रयोग किया जा सकता है।

प्रयोग १०—परिस्रवण द्वारा शुद्ध पानी निकालना।

नल से कुछ पानी ले लो और उसमें थोडी सी स्याही छोड दो, और उसके साथ 500 c c पानी में लगभग 10 gm नमक के हिसाब से कुछ नमक भी मिला दो। अब पानी देखने में रगीन और स्वाद में नमकीन मालूम होगा।



चित्र ८

500 c c के एक flask में एक काग लगाओ और काग में छिद करके एक झुकी हुई कांच की नली लगाओ जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। काच की नली काग के नीचे केवल 1 cm निकली हुई रहनी चाहिये और नली का झुकाव काग से लगभग 2 या 3 cm ऊपर रहना चाहिये।

अब छेद किये हुए एक दूसरे काग के द्वारा flask को एक condenser के साथ मिला कर एक ऐसा यन्त्र तैयार करो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। Flask को अवश्य या तो रेत के तवे (sand bath) पर या तार की जाली (wire gauze) पर रखना चाहिये और उसे clamp से कस देना चाहिये ताकि वह सीधा खडा रहे। अब काग निकाल कर flask में रगीन नमकीन पानी इतना छोड दो कि उसका आधा भर जाय और फिर उसे condenser के साथ मिला दो। Condenser के खुले हुए सिरे के नीचे एक छोटा flask रख दो और नल को खोल दो ताकि नल का ठढा पानी condenser के नीचे से आकर भीतर बहता हुआ उसके ऊपर से बराबर निकलता रहे। अब flask के पानी को उबालो*। पानी भाफ मे बदल जाता है। भाफ फिर पानी के रूप में जम जाता है जिसे *distil* या **परिस्रुत होना** कहते है। नीचे के flask मे जो कुछ तुमने जमा किया है उसे *distillate* या **परिस्रुत पदार्थ** कहते है। करीब 100 c c जमा करो और इसे एक साफ़ बोतल में रख कर टिकट लगा दो। परिस्रुत पदार्थ को चख कर देखो और उसके रग पर भी ध्यान दो।

---

* नोट—यदि पानी उबलते समय उछल उठे तो टूटा खपडा या चीनी मिट्टी की नली के एक छोटे टुकडे को bunsen शिखा पर गरम करके लाल कर लो और ठढा होने पर flask में छोड दो। तब पानी बिना उछले हुए भी बराबर खौलता रहेगा।

पानी के क्वथनाङ्क पर घुले हुए पदार्थ का प्रभाव

तुम पहिले ही देख चुके हो कि जब पानी में कोई पदार्थ घुला हुआ रहता है तो घोल का क्वथनाङ्क शुद्ध पानी के क्वथनाङ्क से ऊंचा होता है (पहिला भाग, प्रयोग 37 और 39)। इन प्रयोगों में तुम्हें thermometer को द्रव पदार्थ के भीतर रखने के लिये कहा गया था। किसी द्रव पदार्थ का क्वथनाङ्क निकालने की इस से अधिक शुद्ध रीति यह होगी कि द्रव पदार्थ को एक flask या एक लम्बी नली में उबाला जाय और thermometer की घुंडी को द्रव पदार्थ के ऊपर रक्खा जाय ताकि वह केवल भाफ ही से गरम हो।

प्रयोग ११—परिस्रुत पानी का क्वथनाङ्क निकालना।

एक flask या उबालनेवाली नली (boiling tube) लो और उसमें दो छेदवाला एक काग लगा दो जिस के एक छेद में एक thermometer और दूसरे में एक झुकी हुई नली लगी हुई हो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

Flask में कुछ परिस्रुत पानी छोड दो और उसी समय का गरम किया हुआ खपडा या चीनी मिट्टी की नली का एक छोटा सा टुकडा भी डाल दो जिस से पानी का उछलना बन्द हो जायगा। Thermometer की घडी पानी से 2 या

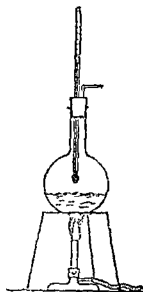
3 cm ऊपर अवश्य रहना चाहिये। पानी को sand bath या wire gauze पर उबालो और thermometer का पारा जिस तापक्रम पर स्थिर हो जाय उसे ध्यान पूर्वक देखो।

झुकी हुई नली की क्या आवश्यकता है?

अपने फल को लिख लो।

प्रयोग १२—यह दिखाना कि क्वथनाङ्क घुले हुए पदार्थ की मात्रा के अनुपात से बढ़ता है।

पिछले प्रयोग में वर्णन किये हुए यन्त्र से काम लो। Flask में नाप कर 50 c c या 100 c c परिस्रुत पानी



चित्र ९

(distilled water) छोड़ दो और उसमें ठीक 10 gm बहुत अधिक घुलनशील कोई एक लवण जैसे Calcium Chloride, Sodium Sulphate या Sodium Nitrate

मिला दो। अब पानी को उबालो और जिस तापक्रम पर thermometer स्थिर हो जाय उसे लिख लो।

ऊपर के प्रयोग को उसी आयतन का पानी लेकर दोहराओ परन्तु अब उसमें उस पदार्थ का 20 gm मिला दो, इसी प्रयोग को फिर तिसरी बार उसी आयतन का पानी परन्तु 30 gm लवण लेकर दोहराओ।

अपने फलों को इस तरह लिखो

शुद्ध पानी का क्वथनांक

10 gm लवण मिले हुए पानी का क्वथनांक =
क्वथनांक में वृद्धि =
20 gm " " " " =
क्वथनांक में वृद्धि =
30 gm " " " " =
क्वथनांक में वृद्धि =

इन फलों को दिखाने के लिये एक रेखाचित्र बनाओ।

किसी शुद्ध द्रव पदार्थ का क्वथनाङ्क स्थिर रहता है

यदि यह यथार्थ हो ठीक है कि पानी में कोई पदार्थ जितनी ही अधिक मात्रा में घुला हुआ रहता है, उसका क्वथनाङ्क उतना ही ऊंचा होता है तो जब कोई घोल परिस्नुत किया जाता है उसका क्वथनाङ्क धीरे धीरे बढ जाना चाहिये।

परन्तु यदि कोई शुद्ध द्रव पदार्थ लिया जाय तो उसका क्वथनाङ्क स्थिर रहेगा। यह एक बहुत ही आवश्यकीय तत्व है क्योंकि इस से हम यह मालूम कर सकते हैं कि कोई द्रव पदार्थ शुद्ध है या नहीं।

प्रयोग १३—यह मालूम करना कि कुछ द्रव पदार्थों में से कौन शुद्ध और कौन घोल हैं।

तुम्हारे अध्यापक तुम्हें A, B, C, आदि निशान लगे हुए कई द्रव पदार्थ देंगे।

एक flask लो और पिछले प्रयोग की तरह उसमें काग, thermometer आदि लगा कर झुकी हुई नली को condenser के साथ मिला दो और प्रत्येक द्रव पदार्थ से परिस्रुत पदार्थों को इकट्ठा कर लो।

जिस तापक्रम पर प्रत्येक द्रव पदार्थ परिस्रुत होता है उसे देखो और यह भी देखो कि यह तापक्रम स्थिर रहता है या धीरे धीरे चढ़ता है।

इन फलों से तुम क्या क्या सिद्धान्त निकालते हो?

प्रत्येक परिस्रुत पदार्थ का क्वथनाङ्क निकाल कर परिस्रवण के पहिले के द्रव पदार्थ के क्वथनाङ्क से तुलना कर के अपने सिद्धान्तों को पक्का कर लो।

(नोट—नमक और पानी, मदिरा और पानी, ether और मदिरा के घोल इस प्रयोग के लिये बहुत उपयोगी मिश्रण है। मदिरा और ether मिला हुआ कोई पदार्थ sand bath पर न उबाल कर सदा water bath पर उबालना चाहिये।)

चौथा अध्याय

मौलिक पदार्थ और यौगिक पदार्थ

मिश्रण और यौगिक पदार्थों में अन्तर तुम पहिले ही देख चुके हो। मिश्रण में मिले हुए मौलिक पदार्थ यान्त्रिक उपायों से अलग किये जा सकते हैं। परन्तु यौगिक पदार्थों में मिले हुए मौलिक पदार्थ यान्त्रिक उपायों से अलग नहीं किये जा सकते हैं। परन्तु, यद्यपि बहुधा यह कठिन होता है तथापि यौगिक पदार्थों में मिले हुए मौलिक पदार्थों को रासायनिक उपायों से अलग कर सकते हैं।

एक उदाहरण लो।

प्रयोग १४—तांबा और गंधक का एक यौगिक पदार्थ बनाना और उस से तांबे को फिर निकाल लेना।

कई टुकड़े तांबे की छीलन लो और इसे पिसी हुई कुछ गंधक के साथ मिला दो जो तोल में तांबे से तीन गुना हो। यह एक यान्त्रिक मिश्रण है। इस मिश्रण को एक छोटो परख नली में रक्खो और कुछ देर तक गरम करते रहो। थोड़ी देर में तांबा चमकने और जलने लगेगा। सम्भव है कि नली का काच नरम हो जाय परन्तु इस से कोई हानि नहीं है। जब यह "क्रिया" (action) समाप्त हो जाय तो

नली को ठंढा होने दो और फिर उसे तोड डालो और नली के भीतर जो कुछ वस्तु बची हुई है उसे निकाल कर भली भांति परीक्षा करो। इसे एक खरल में चूर्ण कर लो। अब तुम्हें इस में तांबे की छीलन के कोई भी चिह्न नही मालूम होंगे। तांबा और गंधक दोनों ने मिलकर एक नया यौगिक पदार्थ बना लिया है जिसे तांबे का सलफैड (*copper sulphide*) कहते है। यह एक रासायनिक यौगिक, (chemical compound) है। थोडा सा यह पदार्थ ले लो और उसे बारीक पिसे हुए उतने ही कोयले के साथ अच्छी तरह मिला दो। एक टुकडा कोयला लेकर उसमें अपने चाकू से 1 cm व्यास और $\frac{1}{2}$ cm गहराई का एक छोटा सा सूराख बना लो। तांबे का सलफैड और कोयले के मिश्रण में से कुछ इस सूराख में रक्खो और उसे एक फुकनी (blow-pipe) से अच्छी तरह गरम करो और जहां तक हो सके उसे गरम करते रहो। कुछ मिनट के पीछे कोयले को ठंढा होने दो और उसमें बचे हुए पदार्थ को परीक्षा करो। तुम देखोगे कि तुम्हें तांबा फिर मिल गया है। अर्थात् तांबा और गंधक के यौगिक में से उसका तांबा फिर निकाल लिया गया है।

मौलिक पदार्थ—जो पदार्थ रासायनिक या यान्त्रिक उपायों से दो या अधिक भिन्न भिन्न पदार्थों में अलग नही किये जा सकते है वह **मौलिक पदार्थ** (*elements*) कहलाते हे।

इस से यह सिद्धान्त निकलता है कि प्रत्येक यौगिक पदार्थ में कम से कम दो भिन्न भिन्न मौलिक पदार्थ अवश्य विद्यमान होंगे।

अब यह प्रश्न हो सकता है कि हमें यह कैसे मालूम हुआ है कि तांबा एक मौलिक पदार्थ है। इस का उत्तर यह है कि यद्यपि रासायनिक पण्डितों ने तांबे को दो भिन्न भिन्न वस्तुओं में अलग करने की चेष्टा की है तथापि वह कभी इस काम में सफल नहीं हुये हैं, इसी लिये हम इसे एक मौलिक पदार्थ कह सकते हैं।

मौलिक पदार्थ की परिभाषा से एक और सिद्धान्त यह निकलता है कि जब एक मौलिक पदार्थ का किसी दूसरे मौलिक या यौगिक पदार्थ से संयोग होता है तो इस नये यौगिक पदार्थ की कुल मात्रा पहिले के मौलिक पदार्थ की मात्रा से अवश्य अधिक होगी।

प्रयोग १५—यह सिद्ध करना कि तांबा और गंधक के संयोग से जो *copper sulphide* बनता है वह लिये हुये तांबे से भारी होता है।

चीनी मिट्टी की एक छोटी घरिया (crucible) लेकर उसे साफ़ करो और तोल लो। इस में लगभग आधा gram तांबे की छीलन या चूर रक्खो और फिर तोल लो।

घरिये को लोहे की एक तिपाई के ऊपर चीनी मिट्टी की नली के एक त्रिभुज (pipe-clay triangle) पर रक्खो। घरिये में आधी gram पिसी हुई गंधक छोड़ दो और फिर उसे देर तक खूब गरम करो। जब क्रिया समाप्त हो जाय तो घरिये को कुछ ठंढा होने दो और फिर उस में थोड़ी पिसी हुई गंधक छोड़ कर गरम करो। इसी तरह एक बार और करो और जब तक गंधक से कुछ भी धुआं निकलता रहे तब तक गरम करते रहो। अब वह सब गंधक निकल गई होगी जो तांबे से मिली हुई न थी। घरिये को ठंढा करो और फिर तौलो।

अपने फलों को इस तरह लिखो —

घरिया + तांबे की मात्रा	=	gm
घरिये की मात्रा	=	gm
तांबे की मात्रा	=	gm (1)
घरिया + copper sulphide की मात्रा	=	gm
घरिये की मात्रा	=	gm
copper sulphide की मात्रा	=	gm (2)
मात्रा की वृद्धि (2) − (1)	=	gm

यदि यह प्रयोग सावधानता से किया जाय तो मात्रा की यह वृद्धि लिये हुये तांबे की ठीक आधी होनी चाहिये।

प्रयोग १६—तांबे के बदले लोहे का चूर लेकर ऊपर के प्रयोग को दोहराओ।

साधारण मौलिक पदार्थों मे से कुछ के नाम नीचे लिखे जाते है

गेस	ठोस	द्रव
अक्सिजन (oxygen)	सीसा (lead)	पारा (mercury)
हाइड्रोजन (hydrogen)	ताबा (copper)	
नाइट्रोजन (nitrogen)	लोहा (iron)	
	सोडियम (sodium)	
	मैग्निशियम (magnesium)	
	जस्ता (zinc)	
	टिन (tin)	

इन में से केवल थोडे हो मौलिक पदार्थ ऐसे है जो स्वतन्त्र रूप में पाये जाते हैं, नही तो यह अधिकतर यौगिक पदार्थों ही के रूप में पाये जाते है।

प्रश्न

गधक, ताबा, सीसा, पारा, जस्ता और टिन के उन सब गुणों को लिखो जिन से तुम इन पदार्थों को पहचानोगे।

प्रयोग १७—कुछ विशेष यौगिक पदार्थों की परीक्षा करना और प्रत्येक मे से एक एक मौलिक पदार्थ निकालना।

(१) **तूतिया** (copper sulphate)

(अ) तूतिया के गुणों को लिखो।

रख कर तैरते हुए लकडी और घरिये को bell jar से ढक दो। Bell-jar के ढकने को निकाल लो ताकि इसके भीतर और बाहर के पानी की ऊचाई एक समान हो जाय।

(नोट—Jar के भीतर कई इंच ऊचा पानी रहना चाहिये क्योंकि गरम होने से हवा फैलेगी और यह बहुत ही आवश्यक है कि हवा बाहर बिलकुल न निकलने पाये)। Jar में जहा तक पानी है वहा एक निशान बना दो। एक लाल गरम किये हुए तार से फस्फरस को जला दो और फिर तुरन्त bell jar को ढकने से बन्द कर दो। जब गाढा सफेद धुआ सब बिलकुल साफ़ हो जाय तो bell jar के भीतर पानी कहा तक है देख लो।

सिद्धान्त—जब हवा में फस्फरस जलता है तो उस हवा का कुछ भाग अदृश्य हो जाता है अर्थात् खर्च हो जाता है।

प्रयोग २१—यह मालूम करना कि जब हवा मे फस्फरस जलता है तो हवा का कितना भाग खर्च हो जाता है।

पिछले प्रयोग को दोहराओ और फस्फरस को जलाने के पहिले और पीछे bell jar के भीतर पानी के धरातल पर निशान लगा दो। फस्फरस जलाने के पीछे और

पानी के धरातल पर निशान लगाने के पहिले jar को अवश्य ठंढा कर लेना चाहिये। Bell jar का ढकना सम्पूर्ण रूप से वायवागम्य (air tight) होना चाहिये और इस लिये रबड का काग सब से उत्तम होता है।

धरातलों पर निशान लग जाने पर jar को निकाल लो और उसे पहिले निशान तक पानी से भर कर उस पानी का आयतन नाप लो। फिर दूसरे निशान तक भर कर इस पानी का भी आयतन नाप लो। इन दोनों आयतनों का अन्तर उस हवा का आयतन है जो खर्च हो गई है। यह आयतन हवा के कुल आयतन का पाचवां भाग होना चाहिये।

सिद्धान्त—जब फास्फरस किसी बन्द बरतन मे जलता है जिस मे हवा हो, तो उस हवा का पाचवां भाग खर्च हो जाता है। बची हुई हवा किसी वस्तु को जलने मे सहायता नहीं करती है।

पदार्थों के जलने से उनकी मात्रा मे परिवर्त्तन

जब फास्फरस हवा में जलता है तो उस हवा का पाचवा भाग अदृश्य हो जाता है। बहुत सा सफेद धुआ बन जाता है परन्तु यह तुरन्त पानी में घुल जाता है और इस लिये हम इस की परीक्षा नही कर सकते है। हवा

में फस्फरस के अतिरिक्त और अन्य पदार्थों के जलने से क्या होता है मालूम करने के लिये आगे चलकर कुछ प्रयोग किये जायेंगे। यह स्पष्ट है कि यदि हवा के कुछ भाग के साथ इन सब पदार्थों का **रासायनिक संयोग** होता हो तो नया यौगिक पदार्थ तोल में पहिले पदार्थ की अपेक्षा अधिक होगा।

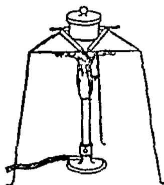
प्रयोग २२—यह दिखाना कि *magnesium* हवा मे जलने से तोल मे बढ जाती है।

एक इञ्च magnesium का फ़ीता काट लो और उसे चिमटे से पकड कर जला दो। देखो कि यह बहुत ही उज्ज्वल लौ के साथ जलता है और बहुत ही सफेद धुआ देता है। यदि हम यह मालूम करना चाहे कि magnesium जलने से तोल में बढ जाती है या नही तो हमें यह सब सफेद धुआ निकलने न देना चाहिये।

चार या पाच इञ्च magnesium का फ़ीता लेकर उसे अच्छी तरह लपेट कर एक गोला सा बना लो। चीनी मिट्टी की एक छोटी घरिये को उसके ढकने के साथ चीनी मिट्टी की नली से बने हुए एक त्रिभुज पर रख कर गरम करो जैसा चित्र में दिखाया गया है।

इसे ठढा होने दो और फिर magnesium को उसके भीतर रख दो और फिर magnesium और ढकने के साथ

तौल लो। अब घरिये को फिर पांच मिनिट के लिये तेज आंच में गरम करो।



चित्र १२

फिर burner को निकाल कर ढकने को चिमटे से पकड कर उठा लो। ढकने को फिर तुरन्त घरिये के ऊपर रख दो और फिर गरम करो। इसी तरह बराबर करते जाओ जब तक सब magnesium न जल जाय।

तुमको इस बात का अवश्य ध्यान रखना चाहिये कि जब तक burner घरिये के नीचे है तब तक उसका ढकना न उठाया जाय, और magnesium अभी तक जल रहा है या नहीं देखने के लिये ठीक जितना समय लगता है उससे थोडा भी अधिक समय तक घरिये को खुला न रक्खा जाय।

जब सब magnesium जल चुके तो घरिये को ठढा होने दो और फिर उसे तौल लो।

यदि यह प्रयोग विशेष सावधानता से किया जाय तो इस में तोल की वृद्धि लगभग 66 फ़ी सदी होनी चाहिये।

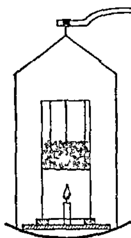
Magnesium की जगह जस्ते के बहुत पतले पत्ते के छोटे छोटे टुकड़ों को लेकर इसी प्रयोग को दोहराओ।

प्रयोग २३—यह दिखाना कि हवा मे मोमबत्ती जलने से तोल मे बढ़ जाती है।

जब हवा में कोई मोमबत्ती जलती है तो वह धीरे धीरे छोटी होती हुई अदृश्य हो जाती है और इस लिये यह एक बहुत ही असम्भव बात मालूम होती है कि इसकी तोल में किसी प्रकार की वृद्धि भी हो सकती है।

तुमको पहिले यह अवश्य देखना चाहिये कि मोमबत्ती के जलने से कौन कौन सी चीजें पैदा हो जाती है। यह "प्रज्वलन से उत्पन्न पदार्थ" ("products of combustion") कहलाते है। फिर तुम्हें प्रज्वलन से उत्पन्न इन पदार्थों को जमा करने का प्रबन्ध अवश्य करना चाहिये जैसा कि तुमने जलते हुये magnesium से सफ़ेद धुये को जमा कर रक्खा था।

(१) एक मोमबत्ती जलाकर उसके लौ के ऊपर काच का एक ठंढा beaker या बडी बोतल पकडो। देखो कि काच के ऊपर पानी का एक पतला परत सा थोडी ही देर में एक द्रव पदार्थ की बूंद काच पर से टपकने लगती हैं। यह द्रव पदार्थ पानी है।



चित्र १२

(२) एक deflagrating spoon में मोमबत्ती रक्खो और उसे जला कर हवा से भरे हुए एक jar के भीतर डाल दो। जब मोमबत्ती बुझ जाय तब उसे निकाल लो, jar में थोडा सा साफ़ चूने का पानी डाल कर उसे हिला दो। हिलाते ही चूने का पान सहश्य सफ़ेद हो जाता है।

यह सफ़ेदी carbon dioxide नाम के एक अदृश्य gas के कारण हो जाती है जो मोमबत्ती के जलने से उत्पन्न एक और पदार्थ है।

अब यदि तुम यह निश्चय करना चाहो कि मोमबत्ती के जलने से उसकी तोल में कोई वृद्धि होती है या नहीं तो तुम्हें पानी की भाफ और carbon dioxide को जमा कर लेना चाहिये। एक ऐसी चीज़ भी है कि वह इन दोनों पदार्थों को सोख लेती है। इसे *caustic potash* कहते हैं।

कुछ दिनों के पीछे दोनों नलियों को परीक्षा करो और जो कुछ तुम्हें दिखाई देता हो उसे लिख लो।

प्रयोग २५—यह दिखाना कि लोहे के चूर से बिना हवा के मोरचा नहीं लग सकता।

एक flask में कुछ पानी लेकर उसे अच्छी तरह उबाल लो ताकि उसमें से सब घुली हुई हवा निकल जाय।

एक बड़ी परख नली लो और उसमें कुछ साफ़ लोहे का चूर रख कर थोड़ा उबाला हुआ पानी छोड़ दो। इसे फिर उबालो ताकि लोहे के चूर में से भी सब हवा निकल जाय, अन्त में परख नली को उबाले हुए पानी से बिलकुल भर कर काग लगा दो ताकि नली में कुछ भी हवा न रहे। एक दूसरी नली में कुछ और चूर बिना उबाले हुए साधारण पानी के साथ मिलाकर रक्खो। लोहे के चूर को केवल मात्र ढकने के लिये जितना पानी की आवश्यकता हो उसमें केवल उतना ही पानी डालो और नली को काग से बन्द न करो वरन् खुला छोड़ दो। दोनों नलियों को कुछ दिनों के पीछे परीक्षा करो।

तुम्हें जो कुछ दिखाई देता है उसे लिख लो।

इन प्रयोगों से सिद्धान्त—लोहे पर मोरचा केवल उसी दशा में लग सकता है जब कि वहां हवा विद्यमान हो और यह हवा आर्द्र भी हो।

प्रयोग २६—यह निश्चय
पर मोरचा लगने के समय
या नहीं ।

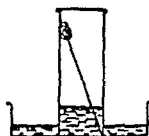
१—प्रयोग २४ में बतलाई हुई
gm लोहे के चूर को साफ कर
एक पोटली में ढीलाढीला बाध लो
लोहे के चूर को साफ पानी से भिगो
बराबर लम्बे एक काच के कालम के
बाध दो ।

Gas jar को लो और उसे
पर उलट दो और काच के कालम
jar के भीतर इस तरह रक्खो कि
हुई थैली jar के प्राय ऊपर तक
दिनों के लिये इसी तरह छोड दो ।

देखो कि jar में पानी चढ़त
चढता हो तो यह हिसाब लगा
का कितना भाग खर्च हो जाता है ।

क्या बाकी बची हुई gas रङ्गीन

Jar के मूह को कांच के एक
उसे पानी में से निकाल लो । अब दे



चित्र १४

करो और उसे एक घरिये के ढकने पर रक्खो और उस ढकने को लकडी के किसी एक छोटे टुकडे या काग पर रख दो जैसा कि प्रयोग २० में किया गया था। इसे एक छिछले बरतन में पानी पर छोड दो और एक औंधे gas jar से ढक दो। दो या तीन दिन के पीछे इसे परीक्षा करो।

Jar में पानी जितना दूर तक चढ जाता है उसे पहिले की तरह देख कर लिख लो।

यह निर्णय करो कि बची हुई gas में फस्फरस जलेगा या नहीं।

सिद्धान्त—जब हवा में वस्तुओं पर मोरचा लगता है तो हवा का पाचवा भाग खर्च हो जाता है। और जो हवा रह जाती है वह प्रज्वलन की सहायता नहीं करती है।

प्रयोग २७—यह मालूम करना कि हवा मे लोहे पर मोरचा लगने से उस लोहे की तोल बढ जाती है या नहीं।

कुछ लोहे का चर पहिले की तरह साफ़ करो। इन्हें

एक छोटी प्याली में रख कर bunsen burner से धीरे धीरे गरम करो जब तक कि सब बिलकुल सूख न जाय। प्याली और लोहे के चूर को ठढा करो और फिर तोल लो।

लोहे के चूर में कुछ साफ़ पानी छोड दो ताकि सब भीग जाय और कुछ दिनों तक लोहे पर मोरचा लगने दो। यदि पानी सूख जाय तो प्रतिदिन थोडा थोडा पानी छोडते जाओ।

जब लोहे पर बहुत सा मोरचा पड जाय तो प्याली को फिर गरम करो ताकि सब पानी भाफ होकर निकल जाय। अब उसे ढढा करो और फिर तोल लो।

अपने फलो को इस तरह लिखो :

मोरचा लगने के पहिले प्याली और लोहे के चूर की तोल	=	gm
,, ,, पीछे ,, ,, ,, ,,	=	gm
तोल में वृद्धि	=	gm

मोरचा लगने और प्रज्वलन मे सादृश्य

अब हम देखते है कि जब किसी पदार्थ पर मोरचा लगता है तो वह हवा का पाचवा भाग खर्च कर डालता है और तोल में बढ जाता है। और जो हवा पडी रहती है उसमें कोई पदार्थ नही जलता है। इस लिये, जब किसी पदार्थ में मोरचा लगता है तो उस में ठीक उसी प्रकार के परिवर्त्तन होते है जैसे हवा में जलते हुए कोई पदार्थ में होते हैं।

दोनों हवा के "क्रियाशील भाग" (active part) को खच कर डालते है और "निष्क्रिय भाग" (inactive part) को छोड देते है। दोनों तोल में बढ जाते है क्योंकि हवा के active part के साथ इनका रासायनिक संयोग हो जाता है।

हवा के इस क्रियाशील भाग (active part) को *oxygen* कहते है।

Oxygen के साथ पदार्थों के रासायनिक संयोग से जो नई वस्तुयें बनती है उन्हें *oxides* कहते है। लोहे पर जो मोरचा लगता है वह *iron oxide* या *oxide of iron* अर्थात् लोहे का अक्सैड है। Magnesium के जलने से जो सफ़ेद चूर्ण बनता है वह *oxide of magnesium* या magnesium का अक्सैड कहलाता है। Phosphorus के जलने से *oxide of phosphorus* अर्थात् फस्फरस का अक्सैड बनता है।

हवा का निष्क्रिय भाग (inactive part) *nitrogen* कहलाता है।

प्रश्न

तुमसे जहा तक हो सके हवा, oxygen और nitrogen के गुणों को लिखो।

छठा अध्याय

अक्सिजन और नाइट्रोजन

अक्सिजन

अब तुम oxygen को विशुद्ध रूप में बनाकर उसके गुणों की परीक्षा करोगे।

जब पारा हवा में गरम किया जाता है तो oxygen के साथ उसका धीरे धीरे रासायनिक संयोग होता रहता है और पारे का मोरचा या पारे का लाल अक्सैड (Red oxide of mercury) बनता है। यदि यह और अधिक गरम किया जाय तो इससे oxygen फिर निकल आती है और केवल पारा पड़ा रह जाता है।

प्रयोग २८—पारे के लाल अक्सैड (*red oxide of mercury*) से *oxygen* बनाना।

एक परख नली में पारे का थोड़ा लाल अक्सैड लो। लकड़ी की एक छोटी खपाची तैयार रक्खो जो सुलगाये जाने के पीछे लौ बुझाने पर भी कोयले की तरह चमकती रहे। दियासलाई इस काम के लिये ठीक नहीं होगी क्योंकि यह इस तरह बनाई जाती है कि उनकी लौ बुझाने पर फिर वह न चमके।

नली को तेज आँच में देर तक गरम करो और oxide के रंग में जो परिवर्त्तन होते जाते हैं उन्हे देखते रहो। थोड़ी

देर में नली के ठंढे भाग पर एक आईना सा बन जायगा। अब खपाची को सुलगा कर उसकी लौ को फूंक कर बुझा दो और चमकती हुई खपाची को नली के भीतर डाल दो। भीतर जाते ही यह फिर लौ के साथ जल उठेगी।

इसका कारण तुम बहुत ही सुगमता से समझ सकते हो। यदि साधारण हवा में, जो कि वास्तव में nitrogen से मिली हुई oxygen है, एक लकडी की खपाची जल सकती है तो यह स्पष्ट है कि विशुद्ध oxygen में वह खपाची और भी अधिक तेज जलेगी।

पारे का लाल अक्सेड एक क़िमती चीज़ है और इसलिये अधिक मात्रा में oxygen बनाने के लिये यह काम में नहीं लाया जा सकता है।

प्रयोग २६—पोटाशियम् क्लोरेट् (*Potassium Chlorate*) से अक्सिजन (*oxygen*) बनाना।

पारे के अक्सेड के बदले potassium chlorate के कुछ रवें लेकर पिछले प्रयोग को दोहराओ।

देखो कि potassium chlorate पहिले पिघल जाता है और फिर बुदबुदाने लगता है और साथ ही गैस के बुलबुले निकलते रहते हैं। यह गैस oxygen है।

इस प्रयोग के लिये बहुत ही ऊंची तापक्रम की आवश्यकता है, और इसलिये सम्भव है कि परख नली का

कांच पिघल जाय। इसलिये अधिक मात्रा में oxygen बनाने के लिये यह प्रणाली भी बहुत उपयोगी नहीं है।

प्रयोग ३०—यह दिखाना कि जब *potassium chlorate* से *oxygen* निकलती है तो वह तोल में कम हो जाता है।

चीनी मिट्टी की एक छोटी घरिया और ढकना लेकर साफ़ करो और burner के ऊपर गरम करो। फिर ठंढा करो और तोल लो।

घरिये में लगभग पांच ग्राम potassium chlorate रक्खो और फिर तोल लो।

अब घरिये को लोहे की तिपाई (tripod stand) पर रख कर पहिले धीमी और अन्त में जहां तक हो सके तेज़ आंच में कुल १५ मिनट तक गरम करो। फिर ठंढा करो और तोल लो।

अपने फलों को इस तरह लिखो —

घरिया + ढकने की मात्रा = gm

घरिया + ढकना + potassium chlorate की मात्रा (गरम करने के पहिले) . = gm

घरिया + ढकना + potassium chlorate की मात्रा (गरम करने के पीछे) ... = gm

Potassium chlorate की मात्रा (गरम करने के पहिले)

Potassium chlorate की मात्रा (गरम
करने के पीछे) ... = gm
मात्रा में कमी . = gm

प्रयोग ३१—अधिक परिमाण मे *oxygen* बनाना।

१—कुछ मोटे पिसे हुए potassium chlorate को बारीक पिसे हुए दस परिमाण काले oxide of manganese के साथ अच्छी तरह मिला दो कि कुल मिश्रण काले रग का हो जाय।

इसमें से थोडा सा मिश्रण लेकर एक परख नली में गरम करो। देखो कि अब न तो potassium chlorate पिघलता है और न तो नली बहुत गरम ही होती है और फिर भी oxygen बराबर निकलती जाती है।

Manganese dioxide इस क्रिया में एक प्रकार सहायता करता है जो तुम्हें इस समय समझने की कोई आवश्यकता नहीं है, परन्तु स्वय यह किसी प्रकार से नही बदलता है।

Manganese dioxide और potassium chlorate के इस मिश्रण को "oxygen mixture" कहते हैं।

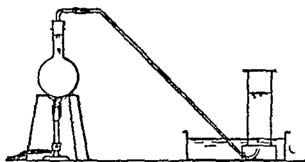
२—कठिन काच या तावे का एक flask* (या चौडी

---

* नोट—तांबे का flask या नली, जो oxygen बनाने के लिये तैयार की जाती है बाजार में भी मिल सकती है, इसमें कांच के flask से दाम भी कम लगेंगे और यह स्थायी भी अधिक होगी।

नली) लेकर उसमें ठीक नाप का एक काग लगा दो। काग में छेद करो और उसमें एक झुकी हुई delivery tube लगा दो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

Delivery tube इतनी लम्बी होनी चाहिये कि वह pneumatic trough तक पहुच जाय, और झुके हुए भाग लगभग ३ इंच लम्बे होने चाहियें।



चित्र १५

काच की नली से flask के भीतर फूंक कर यन्त्र की परीक्षा कर के देखो कि वह वायवागम्य (air-tight) है या नहीं।

किसी दशा में भी ऐसे यन्त्र को जो air tight नहीं है, कागज, मोम या और कोई वस्तु से जोड कर काम में नहीं लाना चाहिये। यदि काग flask के मुंह पर अच्छी तरह नहीं बैठता है अथवा उसका छेद भद्दी या अशुद्ध रीति से किया गया है तो तुम्हें एक दूसरा काग लेकर ठीक रीति से छेद करके लगा लेना चाहिये।

यन्त्र तैयार हो जाने पर काग निकाल कर flask में

लगभग 15 grams "oxygen mixture" छोड दो। 4 litres oxygen बनाने के लिये यह यथेष्ट होगा।

अब काग को फिर flask के मुह पर बैठा दो। देख लो कि delivery tube का सिरा trough में पानी के नीचे रहे। Flask को गरम करो। पहिले तो हवा फैलेगी और delivery tube के रास्ते से निकलती रहेगी। फिर oxygen निकलने लगेगी और हवा के साथ मिल कर बाहर आती रहेगी। अन्त में जब सब हवा निकल जायगी तो तुम्हें विशुद्ध oxygen मिलेगी।

ज्योंही gas के बुलबुले delivery tube से निकलने लगें त्योंही एक test tube पानी से भर कर delivery tube के मुह के ऊपर उलट कर रक्खो। पहिले के प्रयोगों की तरह एक जलती हुई खपाची लेकर देखो कि जो gas तुमने test tube में इकट्ठी की है उसमें यह लौ के साथ फिर जल उठती है या नहीं। यदि ऐसा नही होता है तो फिर test tube में उसी तरह gas भर कर परीक्षा करो। जब खपाची फिर लौ के साथ जले तो निकलती हुई oxygen को gas jars में एक एक करके ठीक उसी तरह भरते जाओ जैसा कि तुमने test tube में भरा था। ऐसा भरने के लिये प्रत्येक jar को पहिले पानी से भर कर delivery tube के मूह के ऊपर उलट दो। सुगमता के लिये प्राय trough में shelf रक्खा जाता है जिस पर jar खडा रह सके। इसके बीच में एक सूराख होता है और delivery tube का मुह इस सूराख के नीचे रक्खा जाता है।

पाच या छै jars में oxygen भरो। जैसे ही प्रत्येक jar भरता जाय वैसे ही उसके मुह पर पानी के भीतर ही काच का एक ढकना सरका दो। फिर तुम उसे trough से निकाल कर एक तरफ़ रख दे सकते हो जब तक तुम्हें उसकी कोई आवश्यकता न पडे।

Burner को बुझाने के पहिले ही delivery tube को पानी से निकाल लो। ऐसा करना क्यों आवश्यक है ?

Gas भरने या इकट्ठा करने की इस प्रणाली को '*displacement of water*" कहते हैं। हल्की गैस पानी के भीतर से होती हुई ऊपर की ओर उठती आती है और पानी को नीचे की ओर दबाती जाती है।

प्रयोग ३१ क्रमश —*Oxygen* गैस के गुण।

१—गैस के रग, गन्ध और स्वाद को देखो।

२—एक छोटे कोयले के टुकडे को तार से deflagrating spoon में बाध दो, एक bunsen शिखा पर उसे गरम करके कोयले को जलाओ और oxygen से भरे हुए एक jar में डाल दो। अपने अनुभवों को लिख लो।

जब कोयले का जलना बन्द हो जाता है तो jar के मुह को काच के एक ढकने से ढक दो। कुछ litmus का घोल लाकर थोडा सा इस jar में छोड दो। Jar को हिला दो। Litmus के घोल में रग का कोई परिवर्त्तन होता है या नही देखो।

३—Deflagrating spoon में गन्धक का एक छोटा टुकड़ा रक्खो। इसे जला कर oxygen के एक jar में डाल दो। फिर jar में जो कुछ बच रहे litmus के घोल पर उसकी क्रिया को देखो। Jar में जो gas रह जाती है उसकी गन्ध को सूघो। क्या यह हवा में जलती हुई गन्धक की गन्ध से कुछ मिलती है? अपने अनुभवों को तुरन्त लिख डालो।

४—गन्धक की जगह फास्फरस लेकर पिछले प्रयोग को दोहराओ। आधे मटर के आकार का एक छोटा फास्फरस का टुकडा लेना चाहिये। धूयें को ध्यान से देखो। इसको थोडे पानी के साथ हिला लो। देखो कि वह घुल जाता है। Litmus पर इस घोल की क्रिया की परीक्षा करो।

५—दो इञ्च लम्बा magnesium का तार या फ़ीता लो और उसे deflagrating spoon में बाध दो, जिसे प्रत्येक प्रयोग के पीछे अच्छी तरह साफ़ कर लेना चाहिये। Magnesium को जला कर oxygen के एक jar में डाल दो। देखो कि एक सफ़ेद चूर्ण सा बन गया है। इसे litmus solution के साथ हिला दो। अपने अनुभवों को लिख डालो।

६—सूखा sodium का एक छोटा टुकडा लेकर पिछले प्रयोग को दोहराओ। धूएँ को पानी में मिला दो और litmus पर इस घोल की क्रिया की परीक्षा करो।

(सोडियम् का ऑक्सिजन के साथ बहुत ही तुरन्त

रासायनिक सयोग हो जाता है और इसी लिये यह मिट्टी के तेल के भीतर रक्खा जाता है ताकि इसके पास oxygen न पहुच सके। इसमें से छोटा एक टुकडा काटने के लिये इसे चिमटा द्वारा बाहर निकाल कर सूखी ब्लाटिंग कागज पर रक्खा जाता है। चाकू से एक छोटा टुकडा काट कर बडे टुकडे को फिर बोतल में रख दिया जाता है। छोटे टुकडे को ब्लाटिंग कागज पर तुरन्त दबा कर चमचे में रख दिया जाता है। Sodium को कभी हाथ से छूना नहीं चाहिये और न पानी या नमी से लगा कर रखना चाहिये।)

७—बहुत ही महीन एक लोहे का तार लो। इसके एक सिरे को थोडी सी पिघली हुई गन्धक में डाल कर गन्धक को जला दो। फिर तार को इसमें से निकाल कर oxygen के एक jar में डाल दो। जब गन्धक जल चुके तो लोहा जलने लगेगा। जलने के अन्त में जो कुछ रह जाय उसे परीक्षा करो।

Oxygen पर इन प्रयोगों से निकाले हुए सिद्धान्त

अब तक तुमने जो कुछ किया है उसका एक सक्षिप्त वर्णन तुम्हें अब अपनी भाषा में लिख डालना चाहिये।

तुम्हारे विचार में विशुद्ध oxygen का कोई स्वाद, रग या गन्ध होनी चाहिये या नहीं लिखो। क्या हवा का भी है?

तुम्हारे विचार में क्या प्रज्वलन में oxygen हवा से भी अधिक सहायता देती है? यदि ऐसा ही है तो इसका कारण क्या है?

ऐसी वस्तुओं के नाम लो जो oxygen में जलती हैं परन्तु साधारण हवा में नहीं जलती है।

जो वस्तुयें oxygen में जलती है और जिनके प्रज्वलन से उत्पन्न पदार्थ लाल litmus को नीला कर देते है उनकी एक तालिका बनाओ और जिनके प्रज्वलन से उत्पन्न पदार्थ नीले litmus को लाल कर देते हैं उनको भी एक अलग तालिका बनाओ।

कार्बन (carbon), लोहा, फस्फरस (phosphorus), गन्धक और magnesium सब मूल पदार्थ है। जब यह oxygen में जलते है तो इनसे क्या क्या बन जाता है?

अम्ल और चार

पिछले प्रयोग में तुमने बहुत से अक्सैड बनाये हैं जिनमें से कोयला, फस्फरस और गन्धक के अक्सैड litmus को लाल कर देते है और बाकी दो sodium और magnesium के अक्सैड litmus को नीला कर देते है।

जो पदार्थ litmus को लाल कर देते है उन्हें अम्ल (*acids*) कहते है, और जो पदार्थ litmus को नीला कर देते हैं उन्हें **चार** (*alkalies*) कहते है।

तुम देखोगी कि धातुओं के अक्सैड पानी में घुल जाने

पर चार (alkalies) हो जाते है। अधातुओं के अकसैड अम्ल (acids) होते है।

जो पदार्थ पानी में नहीं घुलते हैं और इस लिये litmus पर किसी प्रकार का प्रभाव नही डाल सकते है उन्हें (*neutral*) कहते है।

पिछले एक पाठ में (पृष्ठ ५८) तुमने धातु और अधातु के विषय में कुछ पढा था परन्तु इनमें एक बडा प्रधान अन्तर यह है कि धातुओं के अकसैड पानी में घुल जाने पर हमें सदा **चार** (alkalies) देते है और अधातुओं के अकसैड **अम्ल** (acids) देते हैं।

धातुओं के अकसैड कभी कभी **भष्म** (*bases*) कहलाते है। भष्म के साथ अम्ल का रासायनिक संयोग होकर **लवण** (*salts*) बनते हैं।

नाइट्रोजन

तुम पहिले ही देख चूके हो कि nitrogen का कोई रंग नही होता है और यह किसी पदार्थ के जलने में सहायता नही करेगी। आयतन के विचार से यह हवा का ⅘ भाग है। चूंकि हवा का कोई स्वाद या गन्ध नही है इस लिये तुम इससे समझ सकते हो कि oxygen की तरह nitrogen का भी कोई स्वाद या गन्ध नहीं है।

Nitrogen में लोहे पर मोरचा नही लगेगा और फास्फरस इसमें नही जलेगा। Nitrogen एक बहुत ही

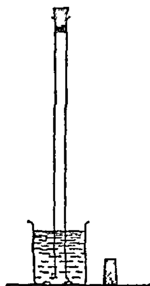
निष्क्रिय (inactive) gas है और किसी वस्तु के साथ इसका यौगिक पदार्थ बनाना अत्यन्त कठिन है। परन्तु यह एक बहुत ही आवश्यकीय और उपयोगी वस्तु है। इसका एक प्रधान काम यह है कि हवा में oxygen के साथ मिले रहने से यह उसकी तेजी को कम कर देती है ताकि चीजें बहुत शीघ्र जल न जाय।

Nitrogen हवा के अतिरिक्त अन्य पदार्थों में भी पाई जाती है। हवा में oxygen के साथ nitrogen रासायनिक विधि से सयुक्त नही है वरन् केवल **यान्त्रिक विधि से मिश्रित** है, परन्तु बहुत लवण ऐसे है जैसे potassium nitrate जिनमें nitrogen एक धातु और oxygen के साथ रासायनिक विधि से सयुक्त है। यह सब लवण खाद के रूप में और बारूद आदि बनाने के लिये बहुत उपयोगी है। सब प्रकार के उद्भिज और जन्तुओं के लिये nitrogen एक बहुत ही आवश्यकीय वस्तु है परन्तु वह इसे सीधा हवा से नही ले सकते है और इस लिये उनको यह किसी दूसरे प्रकार से लेना पडता है, जैसे उद्भिजों के लिये खाद के रूप में और जन्तुओं के लिये खाद्य द्रव्य के रूप में।

प्रयोग ३२—हवा मे *nitrogen* का परिमाण शुद्धता के साथ ठीक ठीक निकालना।

(यह प्रयोग स्वय अध्यापक को lecture room में करना चाहिये)।

जब कोई क्षार जैसा caustic soda, pyrogallic acid के एक तेज घोल में मिलाया जाता है तो यह मिश्रण oxygen को खींच लेता है। इस प्रयोग में हम इस गुण से काम लेते हैं। लगभग 80 cm लम्बी और 1 5 cm या 2 cm व्यास की एक काच की नली लो। एक सिरे को आंच में



चित्र १६

गरम करके या रबड की काग से बन्द कर दो। लगभग 4 grams pyrogallic acid को 20 c c पानी मे मिला दो और यह घोल खुले हुए मुह के रास्ते से नली के भीतर डाल दो। फिर इसमें ठोस caustic potash का एक छोटा सा कलम छोड दो और तुरन्त नली के खुले हुए सिरे को बन्द कर दो।

नली में जहा तक घोल है वहा पर एक निशान लगा दो और उसमें हवा के स्तम्भ की लम्बाई को नाप लो (१)

अब नली को पाच मिनट तक अच्छी तरह हिलाओ।

नली के काग को एक बड़े gas jar में पानी के भीतर निकाल लो।

पानी नली के भीतर ऊपर की ओर चढ जायगा। जहा तक पानी चढ गया है वहा पर निशान लगा दो, **परन्तु इस बात का ध्यान रहे कि नली के भीतर और बाहर पानी एक ही उंचाई पर रहे।**

नली में बची हुई gas (nitrogen) के स्तम्भ की लम्बाई नाप लो। (२)

Pyrogallic acid जितना oxygen सोख लिया है उसके स्तम्भ की लम्बाई (१) और (२) के अन्तर के बराबर है।

अपने फलों को इस तरह लिखो

हवा के स्तम्भ की लम्बाई

Nitrogen के स्तम्भ की लम्बाई

Oxygen के स्तम्भ की लम्बाई जो सोख ली गई है

हवा में nitrogen का प्रति शत भाग

सातवां अध्याय

पानी

तुम पहिले ही देख चुके हो कि लोहे पर मोरचा ऐसे पानी में नहीं लगता है जिसमें से हवा उबाल कर निकाल दी गई है। अब तुम्हें यह देखना चाहिये कि पानी की भाफ पर कोई और मूल पदार्थों की किसी प्रकार की रासायनिक क्रिया होती है या नहीं।

तुम्हारा उद्देश्य अब यह निर्णय करना है कि पानी मूल पदार्थ है या मिश्रण या यौगिक पदार्थ, और यह कि यदि यह मिश्रण या यौगिक पदार्थ है तो इसमें क्या क्या पदार्थ सम्मिलित है।

प्रयोग ३३—पानी पर *sodium* की क्रिया की परीक्षा करना।

१—Sodium का एक बहुत छोटा सा टुकड़ा लगभग गेहु के एक दाने के बराबर काट कर ठंढे पानी से भरे हुए एक बरतन में डाल दो। जो कोई क्रिया होती हो उसे ध्यान से देखो और जब यह बन्द हो जाय तो पानी में थोड़ा सा litmus का घोल डाल दो। अपने अनुभवों को लिख लो।

२—एक बरतन पानी तैयार रक्खो और कई बड़े बड़े test tubes पानी से भर कर उस बरतन में उलट दो।

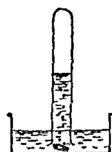
5 cm भुजा के वर्गाकार एक बहुत बारीक तार की जाली लो और उसे एक काच की नली पर लपेट कर एक खोखला बेलन सा बना लो। इस बेलन के एक सिरे को पहिले चिमटे से दबा कर और फिर मोड कर बन्द कर दो। अब मटर के बराबर sodium का एक टुकडा इसमें डाल दो और जाली के बेलन के दूसरे सिरे को भी बन्द कर दो।

बेलन को पानी में छोड दो। Sodium अब पानी में तैर नहीं सकता है। पहिले की भरी हुई नलियों में से एक नली को जाली के ऊपर उलट दो और जो gas निकलती है उसे इकट्ठा करो।

(अ) इस gas की गन्ध, स्वाद और रंग की परीक्षा करो।

(ब) क्या यह gas जलती है ?

अपने अनुभवों को लिखो।



चित्र १०

निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर लिखो :—

१—Sodium एक मूल पदार्थ है, क्या यह gas sodium से निकल सकी है ? यदि नहीं, तो यह कहा से आई होगी ?

२—जो कुछ तुम्हे अब तक मालूम हुआ है उससे बताओ कि यह gas किस बात में oxygen के सदृश है और किस बात में उससे भिन्न है।

३—यदि यह gas पानी से आती है तो क्या पानी एक मूल पदार्थ है ?

प्रयोग ३४*—*Magnesium* पर पानी की भाफ की क्रिया।

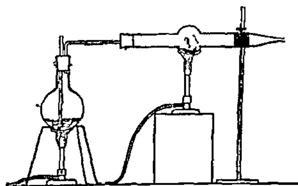
एक यन्त्र जैसा कि चित्र में दिखाया गया है तैयार करो। इसमें एक flask है जिस में दो नलियां लगी हुई हैं, इनमें से एक नली सीधी है और flask के पेंदे तक चली गई है, यह एक safety valve का काम करती है अर्थात् यदि flask के भीतर भाफ बहुत जमा हो जाय तो उसके दबाव से पानी इस नली के रास्ते से बाहर निकल आयेगा। और इस तरह flask के टूटने का कोई डर न रहेगा, दूसरी नली एक समकोण में झुकी हुई है। यह झुकी हुई नली रबड की एक छोटी नली द्वारा काच की एक दूसरी नली के साथ मिला दी गई है जो काच की चौडी नली के काग के भीतर से होकर थोडी दूर तक चली गई है। चौडी नली में इस काग के पास glass wool या asbestos की एक ठेपी लगा दी जाती है। यह ठेपी लगाने का अभिप्राय यह है कि यदि थोडा भी पानी नली के

* नोट—यह प्रयोग अध्यापक को स्वय lecture room में करना चाहिये।

भीतर आता हो तो यह उसे रोक दे और केवल भाफ ही को चौडी नली के भीतर जाने दे। चौडी नली की लम्बाई लगभग 20 cm होनी चाहिये और उसके एक सिरे को खींच कर एक टोंटी बना लेना चाहिये और यह नली कठिन काच की होनी चाहिये।

Flask में कुछ पानी छोड दो और चौडी नली के मध्य भाग में लगभग 10 या 12 cm लम्बा magnesium का फ़ीता एक गोले के आकार में लपेट कर रक्खो।

देख लो कि सब जोड वायवागम्य (air-tight) तो है।



चित्र १८

पानी को धीरे धीरे उबालो, और ज्योंही भाफ टोंटी से निकलने लगे नली को उस स्थान पर गरम करो जहा पर magnesium रक्खा हुआ है। Burner को थोडा थोडा इधर उधर हटाते रहो ताकि नली किसी एक स्थान पर बहुत अधिक गरम न हो जाय।

Magnesium का रग धीरे धीरे सफ़ेद होना आरम्भ होगा, सम्भव है कि यह सुलग कर जलने लगे। जब

यह जलने लगी तो एक जलती हुई दियासलाई टोंटो के पास लाओ।

अपने सब अनुभवों को लिखते जाओ।

निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दो :—

१—नली के भीतर के सफ़ेद पदाथ का उस सफ़ेद पदार्थ से किस प्रकार का सादृश्य है जो magnesium को हवा में जलाने से पाया जाता है ?

२—क्या litmus पर इस सफ़ेद पदाथ की क्रिया ठीक उसी प्रकार की होती है ?

३—यदि यह दोनों एक हो पदार्थ हैं तो पानी की भाफ में कौन सा मूल पदार्थ अवश्य होना चाहिये ?

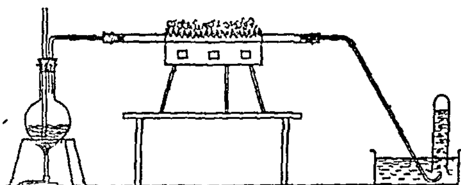
प्रयोग ३५*—लोहे के चूर पर पानी की भाफ की क्रिया।

$2\frac{1}{2}$ फूट लम्बाई और $\frac{1}{2}$ या $\frac{3}{4}$ इंच व्यास का एक लोहे का बना हुआ गैस या पानी का नल लो। इसके प्रत्येक सिरे में एक एक काग अच्छी तरह कस कर लगा दो और उनमें काच की नली जाने के लिये छेद कर दो।

इस नल के एक सिरे को पिछले प्रयोग के flask के साथ मिला दो और दूसरे सिरे को एक delivery tube से मिला दो जिसका मुंह एक pneumatic trough में पानी के भीतर रक्खा हुआ हो। नल के मध्य भाग के नीचे एक

* नोट—यह प्रयोग lecture room में अध्यापक को करना चाहिये।

अंगीठी में कोयला जला दो, अब तुम्हारा यन्त्र ठीक चित्र की तरह बन जायगा। अंगीठी को एक छोटी बेञ्च या ईटों पर रख कर अपने आवश्यक के अनुसार ऊंचा कर सकते हो।



चित्र १९

देखो कि यन्त्र वायवागम्य (air tight) तो है।

अब लोहे के नल से काच की नलियों को निकाल लो और उसके भीतर बीच में कुछ लोहे का चूर रख दो। यह भीतर काच की कलम से पहुचाये जा सकते है परन्तु तुम्हें इस बात का विशेष ध्यान रखना चाहिये कि यह बहुत कस कर न भरे जाय। तुम 20 से 30 gm तक चूर भर सकते हो।

अब फिर लोहे के नल में काच की नलियों को लगा दो। नल को बीच में खूब गरम करो और पानी को उबालो।

जितनी भाफ नल के भीतर से होकर बिना किसी परिवर्त्तन के निकल आती है वह सब trough के पानी में पहुच कर पानी के रूप में जम जाती है। जो कुछ gas

पानी को हटा कर निकलती हुई मालूम होती है उसे बड़े बड़े test tubes में इकट्ठा करो।

Gas की परीक्षा करो और अपने अनुभवों को लिखते जाओ।

(१) क्या इसका कोई रंग, स्वाद या गन्ध है ?

(२) क्या यह जलती है ?

पानी का उबलना बन्द करने के पहिले ही delivery tube को trough में से निकाल लो। (क्यों ?)

लोहे के नल को खोल दो और उसे ठंढा होने दो।

ठंढा होने पर लोहे के चूर को हिला कर निकाल लो।

इनमें क्या परिवर्त्तन हो गया है ? क्या यह मोरचा लगे हुए लोहे के चूर की तरह मालूम होते है ?

इन प्रयोगों से निकले हुए सिद्धान्त

अन्त के तीन प्रयोगों से तुम्हें यह मालूम हो गया है कि पानी या भाफ पर sodium, magnesium या लोहा तीन भिन्न भिन्न मूल पदार्थों की एक ऐसी क्रिया हो सकती है जिस से oxygen या nitrogen से सम्पूर्ण भिन्न प्रकार की एक नई gas पैदा हो जाती है। तुम यह भी देख चुके हो कि इन मूल पदार्थों में कुछ परिवर्त्तन हो जाते हैं और यह मालूम होता है कि पानी के साथ इनके रासायनिक संयोग से ठीक वही पदार्थ बन जाते हैं जो कि उनके oxygen में जलने से बनते हैं। इस से यह एक सम्भवपर

बात मालूम होती है कि पानी में कम से कम दो gases हैं (यदि इस से अधिक नहीं) जिनमें से एक वह gas है जो जलती है और दूसरी oxygen है। जो gas जलती है उसके विषय में अब और भी बातें बताई जायेंगी। इसका नाम हाईड्रोजन (*hydrogen*) है। इसके विषय में सब बातें पढ लेने के पीछे तुम्हें यह देखना होगा कि पानी इन्ही दो gases से बना हुआ है या नहीं।

आठवां अध्याय

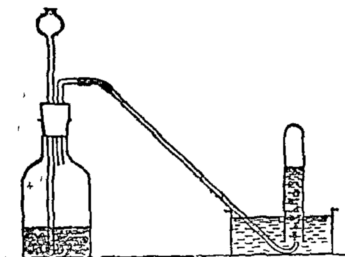
हाईड्रोजन

प्रयोग ३६—हाईड्रोजन बनाना और उसके गुणों की परीक्षा करना।

400 c c आयतन की एक मजबूत बोतल लो और उसमें एक अच्छी काग ठीक प्रकार से लगा दो। काग इतनी बडी होनी चाहिये कि साधारण व्यास की दो कांच की नलिया उसमें लगाई जा सकें, और यह बहुत आवश्यक है कि बोतल में यह ठीक ठीक बैठ जाय और हवा के आने जाने के लिये कोई छेद न रहे। काग में एक thistle funnel और समकोण में झुकी हुई एक छोटी नली लगाओ और इसको रबड की एक नली के द्वारा एक delivery tube से मिला दो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। परीक्षा करके देख लो कि यन्त्र सम्पूर्ण रूप से वायवागम्य (air-tight) है या नहीं। बोतल के भीतर जस्ते के छोटे छोटे टुकडे (granulated zinc) इतने डाल दो कि उसका पेंदा बिल्कुल ढक जाय। Delivery tube के मुह को पानी से भरे हुए एक pneumatic trough में रक्खो।

बोतल में इतना पानी डाल दो कि जस्ते के टुकडे डूबे रहें और thistle funnel को नीचे की ओर दबा दो ताकि

नीचे का सिरा पानी के भीतर चला जाय। फिर बोतल में थोड़ा सा गन्धकाम्ल (dilute sulphuric acid) धीरे धीरे छोड़ते जाओ जब तक कि gas तेजी से न निकलने लगे।



चित्र २०

इस बात का विशेष ध्यान रक्खो कि यन्त्र के निकट किसी प्रकार की आग या कोई और जलती हुई वस्तु न हो, नहीं तो कुल यन्त्र घोर शब्द के साथ फट जायगा और सम्भव है कि भयानक हानि पहुंचाये।

पानी से भरे हुए एक test tube में पानी को हटा कर यह gas इकट्ठा करो। इस नली के मुंह को अपने अंगूठे से बन्द करके यन्त्र से कम से कम एक गज दूरी पर ले जाओ और उसके पास एक जलती हुई दियासलाई लाओ। यदि इस gas के जलने में थोड़ा भी शब्द हो तो फिर एक और

test tube भर कर परीक्षा करो। जब gas के जलने में और कुछ भी शब्द नहीं होता है बरन् चुपचाप धीरे धीरे नीली शिखा देती हुई जलती रहे तो displacement of water से ४ या ५ gas jars भर लो। पानी के भीतर ही प्रत्येक jar के मुह को कांच के ढकने से ढक दो और मेज पर उलट कर रख दो। यदि hydrogen बहुत धीरे धीरे निकलती हो तो थोडा acid और छोड दो। सब gas jars को भर लेने पर एक soda water की बोतल को भी इसी प्रकार gas से आधी भर लो और उसे मुह पर काग लगा कर बन्द कर दो।

१—Soda water की बोतल में से कुल पानी को बाहर निकल जाने दो और उसकी जगह हवा को भीतर आने दो। बोतल को फिर काग से बन्द कर दो और उसे एक झाडन में लपेट लो। अब काग निकाल कर बोतल के मुह को एक burner की शिखा के निकट लाओ।

एक अति भयानक शब्द होगा। **चूंकि इसमें बोतल के फट जाने का डर रहता है इस लिये बोतल के मुह को तुम्हारे साथ के किसी विद्यार्थी की ओर न रखना चाहिये।**

२—एक jar को मेज पर मुह को ऊपर करके रक्खो और उसके पास एक जलती हुई दियासलाई लाओ।

कांच के ढकने को निकाल कर तुरन्त gas को जला दो। देखो कि यह धीरे धीरे नीली लौ के साथ जलती है।



चित्र २१

३—Hydrogen से भरा हुआ एक jar लेकर उसे मुह ऊपर करके रखो। इसके काच के ढकने को निकालने के पहिले इसके ऊपर हवा से भरा हुआ एक jar रखो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। फिर काच के ढकने को धीरे से खींच कर निकाल लो और फिर कई सेकण्ड के पीछे प्रत्येक jar के gas को परीक्षा करके देखो कि जलाने पर यह चुपचाप जलती रहती है या कोई शब्द होता है।

४—एक मोमबत्ती लेकर उसे एक लम्बा, मोटा तार या लकडी के डण्डे में बाध लो। मोमबत्ती को जला कर hydrogen के एक jar में जिसका मुह नीचे रहे ले जाओ। देखो gas जलती है। क्या मोमबत्ती भी जलती है? क्या hydrogen प्रज्वलन की सहायता करती है?

५—Litmus के द्वारा एक jar की gas की परीक्षा करो और देखो कि यह acid है या neutral है या alkaline है।

६—जिस बोतल में से hydrogen निकलती थी उसमें बचा हुआ द्रव पदार्थ को एक छोटी प्याली (evaporating dish) में उड़ेल कर आंच पर रक्खो और भाफ बन कर उड़ जाने दो जब तक कि द्रव पदार्थ के किनारे पर रवे न जमने लगे। फिर उसमें थोड़ा सा पानी छोड़ दो और अच्छी तरह चला कर एक छोटे beaker में छान लो। द्रव पदार्थ को अब रख छोड़ो ताकि उससे रवे बनते रहें। रवों को निकाल कर दो छन्ने कागजों के बीच में रख कर दबाते रहो। जब वह बिलकुल सूख जाय तो उनको परीक्षा करके देखो कि उनमें रवे का पानी (water of crystallization) है या नहीं।

यह जस्ते के sulphate या zinc sulphate के रवे है।
Sulphuric acid + zinc = sulphate of zinc + hydrogen

Hydrogen gas के गुणों को लिखो।

प्रयोग ३७—यह निर्णय करना कि जब *hydrogen* हवा मे जलती है तो क्या पदार्थ बन जाता है।

इस प्रयोग को आरम्भ करने के पहिले विचार कर लो कि hydrogen के विषय में तुमको क्या क्या बातें पहिले से

मालूम है। तुम देख चूके हो कि hydrogen पानी से प्राप्त हो सकती है और यह कि सम्भवतः पानी में oxygen भी विद्यमान है।

तुम ने यह भी देखा है कि जब हवा में पदार्थ जलते हैं तो oxygen के साथ उनका रासायनिक सयोग हो जाता है, इस लिये हम यह कह सकते है कि जब hydrogen हवा में जलती है तो oxygen के साथ इसका भी रासायनिक सयोग हो जाता है।

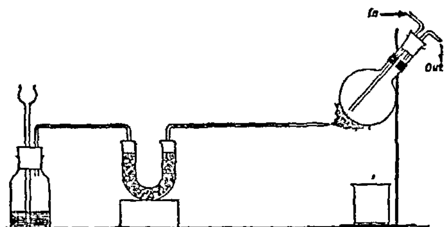
इस लिये यह बहुत ही सम्भव है कि जब सूखी hydrogen जलती है तो इस से पानी की भाफ बन जाती है। इस प्रयोग से तुम्हें यह बात ठीक ठीक मालूम हो जायगी।

Hydrogen बनाने की बोतल में काग, कीप और झूकी हुई नली ठीक उसी तरह लगा दो जैसा कि तुमने पिछले प्रयोग में किया था। Flask के एक तरफ़ की झूकी हुई नली को एक चौडी नली या एक U नली के साथ मिला दो जिसमें कि ताजा जलाया हुआ calcium chloride भरा हुआ हो। यह calcium chloride hydrogen को सूखाने के लिये है। (Calcium chloride नमी को बहुत तेजी के साथ खींच लेता है)।

Calcium chloride की नली के साथ एक और झूकी हुई नली लगा दो जिसके दूसरे सिरे में एक टोटी बनी हुई हो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

Hydrogen के यन्त्र के निकट एक stand में एक flask

लटका कर तैयार रक्खो, इस flask में दो छेद का एक काग और दो नलिया ऐसी लगा दो कि इनमें से एक तो flask के पेंदे तक पहुंच जाय और दूसरी काग के भीतर होकर केवल थोड़ी ही निकली हुई रहे। सब जोड सम्पूर्ण रूप से air-tight अवश्य होना चाहिये।



चित्र २२

लम्बी नली को रबड* की नली द्वारा पानी के नल के साथ मिला दो और छोटी नली में एक दूसरी रबड की नली लगा कर उसे पानी बह जाने की नाली तक रख दो। पानी के नल को थोडा सा खोल दो। इस तरह ठढा पानी flask के भीतर से होता हुआ धीरे धीरे बहता रहेगा।

यन्त्र को फिर अच्छी तरह देखभाल लो कि सब ठीक है या नहीं। जस्ते पर कुछ dilute sulphuric acid छोड

* नोट—रबड के खर्च को बचाने के लिये रबड की दो जोडों के बीच में कांच की एक लम्बी नली लगा कर भी काम किया जा सकता है।

दो। देखो hydrogen निकलने लगती है। एक साफ़ और सूखी परख नली लेकर टोंटी के ऊपर रक्खो। इसे वहां एक मिनट तक रक्खो और फिर मुंह को अंगूठे से बन्द करके burner की शिखा के निकट लाओ।

ऐसा करने पर यदि कोई शब्द होता हो तो इसे फिर करो और दोहराते रहो जब तक कि तुम परख नली में ऐसी gas न भर सको जो उसमें चुपचाप धीरे धीरे जल सके।

Gas भरने की इस रीति को *"by upward displacement of air"* कहते हैं।

जब तुमने नली में ऐसी gas भर ली है जो धीरे धीरे जलती है तो उस जलती हुई gas को टोंटी के पास ले जाओ और इसके द्वारा टोंटी से निकलती हुई gas को जला दो। इस तरह से *hydrogen* यन्त्र के फट जाने का कोई भी डर न रहेगा, तुम्हें इस बात का पूरा निश्चय हो सकता है कि hydrogen में अब कुछ भी हवा मिली हुई नहीं है।

टोंटी से निकलती हुई hydrogen को जला कर उसे flask के नीचे इस तरह रक्खो कि जलती हुई hydrogen की शिखा ठीक काच तक पहुंच जाय।

काच पर कुछ पदार्थ जमता रहेगा और धीरे धीरे नीचे टपकता रहेगा। इस द्रव पदार्थ को एक बिलकुल साफ़ beaker में जमा कर लो।

के विद्यार्थियों में यह इतना जमा हो जाना चाहिये कि तुम उसका घनत्व और फिर उसका क्वथनांक अथवा हिमांक निकाल सको।

यह द्रव पदार्थ क्या है ? इस प्रयोग से क्या सिद्ध होता है ?

निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दो

१—क्या पानी मिश्रण है या यौगिक पदार्थ है ? कारण बताओ।

२—तुम ऐसा क्यों मान लेते हो कि जब हवा में hydrogen जलती है तो nitrogen के साथ उसका रासायनिक संयोग नहीं होता है ?

प्रयोग ३८*—पानी को विद्यूत् की सहायता से विश्लेषण (*electrolysis*) करना।

जब पानी के भीतर से एक विद्युत्प्रवाह चलाया जाता है तो पानी का विश्लेषण हो जाता है, और इस काम के उपयोगी एक यन्त्र के प्रयोग करने से दोनों गैसें जिन से पानी बना है जमा की जा सकती है और पानी में oxygen और hydrogen जिस अनुपात में विद्यमान है यह भी निर्णय हो सकता है।

---

* नोट—यह प्रयोग lecture room में अध्यापक को स्वयं करना चाहिये।

दो। देखो hydrogen निकलने लगती है। एक साफ़ और सूखी परख नली लेकर टोंटी के ऊपर रक्खो। इसे वहां एक मिनट तक रक्खो और फिर मुह को अगूठे से बन्द करके burner को शिखा के निकट लाओ।

ऐसा करने पर यदि कोई शब्द होता हो तो इसे फिर करो और दोहराते रहो जब तक कि तुम परख नली में ऐसी gas न भर सको जो उसमें चुपचाप धीरे धीरे जल सके।

Gas भरने की इस रीति को *"by upward displacement of air"* कहते हैं।

जब तुमने नली में ऐसी gas भर ली है जो धीरे धीरे जलती है तो उस जलती हुई gas को टोंटी के पास ले जाओ और इसके द्वारा टोंटी से निकलती हुई gas को जला दो। इस तरह से hydrogen यन्त्र के फट जाने का कोई भी डर न रहेगा, तुम्हें इस बात का पूरा निश्चय हो सकता है कि hydrogen में अब कुछ भी हवा मिली हुई नहीं है।

टोंटी से निकलती हुई hydrogen को जला कर उसे flask के नीचे इस तरह रक्खो कि जलती हुई hydrogen की शिखा ठीक काच तक पहुंच जाय।

काच पर कुछ पदार्थ जमता रहेगा और धीरे धीरे नीचे टपकता रहेगा। इस द्रव पदार्थ को एक बिलकुल साफ़ beaker में जमा कर लो।

के विद्यार्थियों में यह इतना जमा हो जाना चाहिये कि तुम उसका घनत्व और फिर उसका क्वथनांक अथवा हिमांक निकाल सको।

यह द्रव पदार्थ क्या है? इस प्रयोग से क्या सिद्ध होता है?

निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दो

१—क्या पानी मिश्रण है या यौगिक पदार्थ है? कारण बताओ।

२—तुम ऐसा क्यों मान लेते हो कि जब हवा में hydrogen जलती है तो nitrogen के साथ उसका रासायनिक संयोग नहीं होता है?

प्रयोग ३८*—पानी को विद्यूत् की सहायता से विश्लेषण (*electrolysis*) करना।

जब पानी के भीतर से एक विद्यूत्प्रवाह चलाया जाता है तो पानी का विश्लेषण हो जाता है, और इस काम के उपयोगी एक यन्त्र के प्रयोग करने से दोनों गैसें जिन से पानी बना है जमा की जा सकती हैं और पानी में oxygen और hydrogen जिस अनुपात में विद्यमान हैं यह भी निर्णय हो सकता है।

---

* नोट—यह प्रयोग lecture room में अध्यापक को स्वयं करना चाहिये।

पानी (या और कोई पदार्थ) को विद्युत्प्रवाह द्वारा विश्लेषण करने को electrolysis कहते है।

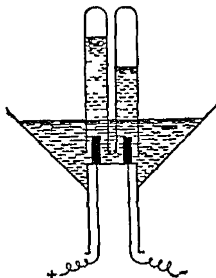
पानी के electrolysis के लिये जो यन्त्र काम में लाया जाता है उसे *voltameter* कहते हैं।

एक बडी कीप की डंडी एक इंच लम्बी रख कर बाकी सब काट डालने के पीछे उसमें एक अच्छा काग लगाये जाने पर एक voltameter बन जाता है। फिर इस काग के भीतर से दो platinum का तार डाल दिये जाते है और दो छोटी छोटी platinum की पत्तियों के साथ जोड दिये जाते हैं जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

कीप के भीतर और काग के ऊपर कुछ पिघला हुआ पाराफ़ीन मोम छोड दिया जा सकता है ताकि काग में से पानी बाहर न निकल सके और platinum की पत्तिया भी अपने अपने स्थानों पर जम जाय। यह platinum की पत्तिया *electrodes* कहलाती है।

Voltameter को एक clamp या tripod stand के सहारे से खडा रक्खो और उसमें इतना पानी छोड दो कि उसमें electrodes अच्छी तरह डूब जाय। पानी में कुछ sulphuric acid डाल कर इसे अवश्य acid बना लो क्योंकि विशुद्ध पानी में से विद्युद्प्रवाह नहीं चल सकता है। Sulphuric acid पानी को विद्युत् का चालक बना देता है परन्तु electrolysis के अन्त में यह ठीक वैसा ही रह जाता है जैसा कि पहिले था। इस acid मिले हुए पानी से दो

test tubes भर लो और प्रत्येक electrode पर एक एक रख दो।



चित्र २३

अब इन दोनों platinum के तारों को चार cells के एक bichromate battery के तारों से मिला दो।

Electrodes में से gas के छोटे छोटे बुलबुले ऊपर को ओर उठने लगते हैं और test tubes में जमा होते जाते हैं।

जब gas कुछ अधिक परिमाण में जमा हो जाय तो battery को अलग कर दिया जाय और प्रत्येक नली में जहा तक पानी है वहा पर एक एक निशान बना दिया जाय।

फिर दोनों नलियों को निकाल कर प्रत्येक की gas की -परीक्षा करो। परीक्षा से तुम को मालूम होगा कि एक में hydrogen और दूसरे में oxygen है।

प्रत्येक नली में निशान तक पानी भर देने के लिये जितने पानी की आवश्यकता हो उसका आयतन एक burette से नापने पर प्रत्येक gas का आयतन मालूम हो जाता है।

अपने फलों को इस तरह लिखो '

Hydrogen का आयतन	=	c c.
Oxygen का आयतन	=	c c.
Oxygen और hydrogen का अनुपात	=	

प्रयोग ३९*—यह दिखाना कि जब गर्म किये हुए तांबे के अक्सैड के ऊपर से *hydrogen* चलाई जाती है तो पानी बन जाता है।

(अ) Hydrogen बनाने का यन्त्र तैयार करो और उसमें जस्ते के पतले छोटे छोटे टुकडे भी रख दो।

(ब) एक Wolff's bottle लेकर उसमें दो झुकी हुई नलिया लगा दो जिनमें से एक तो बहुत छोटी हो और दूसरी इतनी बडी हो कि बोतल के पेंदे तक पहुच जाय। इस बोतल के भीतर पेंदे से 4 cm ऊचे तक strong sulphuric acid छोड दो। Strong sulphuric acid पानी खीचता है और इस लिये gas सुखाने के काम में आता है।

(स) 40 cm लम्बी और $1\frac{1}{2}$ cm या 2 cm व्यास की

---

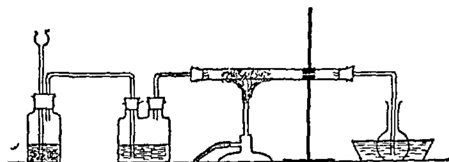
* नोट—यह प्रयोग lecture room में अध्यापक को स्वयं करना चाहिये।

एक कठिन काच की नली लो। इसके सिरों में दो अच्छे काग लगा दो, जिन में से एक 5 cm लम्बी एक सीधी नली लगी हुई हो और दूसरे में एक झुकी हुई नली, जिसके छोटे हिस्से की लम्बाई 4 cm और बडे हिस्से की 20 cm हो। इस नली के भीतर मध्यभाग,के जितना निकट हो सके लगभग 80 grams मोटा पिसा हुआ तांबे का अक्सेड को पहिले एक चीनी मिट्टी की प्याली में रख कर गरम कर लेना चाहिये ताकि उसकी सब नमी निकल जाय।

(द) अब यन्त्र के सब हिस्सों को एक दूसरे के साथ मिला दो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। जिस नली में तांबे का अक्सेड है उसके झुके हुए हिस्से के नीचे एक छोटा सा flask एक ठंढे पानी के बरतन में करके रक्खो ताकि वह ठंढा रहे।

Flask को निकाल कर झुकी हुई नली को ऊपर की ओर घुमा दो। Hydrogen की बोतल में dilute sulphuric acid डाल दो और gas को कुल यन्त्र के भीतर होती हुई कुछ मिनट तक बराबर निकलने दो। झुकी हुई नली के ऊपर एक test tube रख कर निकलती हुई gas को upward displacement of air के द्वारा जमा करो। इसे एक लौ के पास लाकर देखो कि यह चुपचाप जलती है या इसके जलने में कोई शब्द होता है। जब यह चुपचाप जलने लगी तो झूकी हुई नली को फिर नीचे की ओर घुमा कर flask के भीतर जाने दो।

अब तावे के अक्सैड को गरम करना आरम्भ करो। पहिले धीरे धीरे गरम करो और इस बात का ध्यान रक्खो कि नली को एक ही जगह पर गरम न करना चाहिये वरन् burner को इधर उधर हटाते रहना चाहिये ताकि burner की शिखा नली में, कई cm तक पहुचती रहे।



चित्र २४

अन्त में जहा पर तावे का अक्सैड रक्खा हुआ है वहां पर नली को जहा तक हो सके खूब गरम करो। नली में कुछ आर्द्रता जमती हुई दिखलाई पडेगी परन्तु अन्त में धीरे धीरे वह सब छोटे flask में चली आयगी।

Flask में जो कुछ जम कर इकट्ठा हो गया है उसे परीक्षा करो। तुम यह कैसे सिद्ध कर सकते हो कि यह पानी है?

इन प्रयोगों से सिद्धान्त

Oxygen के एक आयतन के साथ *hydrogen* के दो आयतनों के अनुपात से रासायनिक संयोग होकर पानी बनता है।

नवां अध्याय

कार्बन

प्रयोग ४०—कार्बन के भिन्न भिन्न रूपों के गुणों की परीक्षा करना।

Oxygen और hydrogen की तरह carbon भी एक मूल पदार्थ है परन्तु उनमें एक अन्तर यह है कि यह एक ठोस पदार्थ है। प्राकृतिक जगत में यह बहुत मिलता है, परन्तु प्राय सदा यौगिक पदार्थ ही के रूप में पाया जाता है। इस बात में यह hydrogen से बहुत मिलता जुलता है। Carbon का सब से विशुद्ध रूप हीरा (*diamond*) है। यह एक बहुत ही कठिन, रवेदार, वर्णहीन पदार्थ है।

Carbon ऐसे रूपों में भी पाया जाता है जिन में रवे नही होते है, इनमें से *graphite* या *black lead* प्राय शुद्ध रूप है।

इस से कम या अधिक शुद्ध रूप *wood charcoal* (लकडी के जलाने से जो कोयला बनता है), *coke* (पत्थर का कोयला जलने से जो कोयला बनता है) और *lamp black* (काजल) है।

ऊपर लिखे हुए पदार्थों के गुणों को परीक्षा करो और लिखो।

प्रयोग ४१—कार्बन के जलने से जो गैस बनती है उसकी परीक्षा करना।

१—एक लकडी के कोयले के टुकडे को एक तार में बाध दो और इस कोयले को इतना गरम करो कि वह लाल हो जाय और फिर उसे एक gas jar में लटका दो। एक या दो मिनट के अन्त में कोयले को निकाल कर उस jar में थोडा सा साफ़ चूने का पानी छोड दो। इसको हिलाओ। क्या होता है ?

२—इसी प्रयोग को दोहराओ परन्तु इस बार चूने के पानी के बदले litmus के घोल डाल कर हिलाओ।

३—इस पिछले प्रयोग को (अ) एक लकडी का टुकडा (ब) एक मोमबत्ती लेकर दोहराओ।

४—फिर लकडी के कोयले को लेकर इसी प्रयोग को दोहराओ परन्तु इसे oxygen gas के jar में लटकाओ।

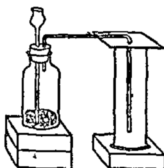
इन सब प्रयोगों में एक ऐसी वर्ण हीन gas बनती है जो कुछ acid है और चूने के पानी को सफ़ेद कर देती है।

यह gas, carbon और oxygen का एक यौगिक पदार्थ है और *carbonic acid gas* या *carbon di-oxide* कहलाती है।

यह gas अपने यौगिक पदार्थ carbonates से एक बहुत ही सहज उपाय से और शुद्ध रूप में बनाई जा सकती है।

प्रयोग ४२—*Carbon di-oxide gas* **बनाना और उसके गुणों की परीक्षा करना।**

Hydrogen बनाने के लिये जो बोतल तुम काम में लाये थे उसे लो। इसके एक तरफ़ से निकली हुई नली के साथ समकोण में झुकी हुई एक नली मिला दो जिसका एक अङ्ग इतना लम्बा हो कि gas jar के पेंदे तक पहुच जाय जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।



चित्र २५

बोतल में कुछ सगमर्मर (marble) या खड़िया मिट्टी के छोटे छोटे टुकडे रक्खो। (काले तख्ते में लिखने के लिये जो छोटी छोटी सफेद कलमें काम में आती हैं वह वास्तव में खड़िया की नही है और इस लिये इस प्रयोग में उन से कोई काम न निकलेगा।) बोतल में इतना पानी छोड दो कि उसमें खड़िया के टुकडे केवल डूब जाय। Thistle funnel के रास्ते से थोडा dilute hydrochloric

प्रयोग ४१—कार्बन के जलने से जो गैस बनती है उसकी परीक्षा करना।

१—एक लकडी के कोयले के टुकडे को एक तार में बाध दो और इस कोयले को इतना गरम करो कि वह लाल हो जाय और फिर उसे एक gas jar में लटका दो। एक या दो मिनट के अन्त में कोयले को निकाल कर उस jar में थोडा सा साफ़ चूने का पानी छोड दो। इसको हिलाओ। क्या होता है?

२—इसी प्रयोग को दोहराओ परन्तु इस बार चूने के पानी के बदले litmus के घोल डाल कर हिलाओ।

३—इस पिछले प्रयोग को (अ) एक लकडी का टुकडा (ब) एक मोमबत्ती लेकर दोहराओ।

४—फिर लकडी के कोयले को लेकर इसी प्रयोग को दोहराओ परन्तु इसे oxygen gas के jar में लटकाओ।

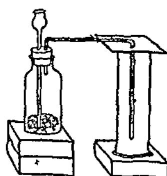
इन सब प्रयोगों में एक ऐसी वर्ण हीन gas बनती है जो कुछ acid है और चूने के पानी को सफ़ेद कर देती है।

यह gas, carbon और oxygen का एक यौगिक पदार्थ है और *carbonic acid gas* या *carbon di-oxide* कहलाती है।

यह gas अपने यौगिक पदार्थ carbonates से एक बहुत ही सहज उपाय से और शुद्ध रूप में बनाई जा सकती है।

प्रयोग ४२—*Carbon di-oxide gas* **बनाना और उसके गुणों की परीक्षा करना।**

Hydrogen बनाने के लिये जो बोतल तुम काम में लाये थे उसे लो। इसके एक तरफ़ से निकली हुई नली के साथ समकोण में झुकी हुई एक नली मिला दो जिसका एक अङ्ग इतना लम्बा हो कि gas jar के पेंदे तक पहुंच जाय जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।



चित्र २५

बोतल मे कुछ सगमर्मर (marble) या खडिया मिट्टी के छोटे छोटे टुकडे रक्खो। (काले तख्ते में लिखने के लिये जो छोटी छोटी सफ़ेद कलमें काम में आती हैं वह वास्तव में खडिया की नहीं है और इस लिये इस प्रयोग में उन से कोई काम न निकलेगा।) बोतल में इतना पानी छोड दो कि उसमें खडिया के टुकडे केवल डूब जाय। Thistle funnel के रास्ते से थोडा dilute hydrochloric

acid धीरे धीरे छोड़ते जाओ जब तक कि gas निकलनी आरम्भ न हो जाय।

पांच *jars* **में यह गैस** *downward displacement of air* **के द्वारा भर लो।** Gas भरने के समय jar के मुंह को जहां तक हो सके काच या दफ़्ती के ढकने से ढके रक्खो।

निम्नलिखित रीति से इस gas के गुणों की परीक्षा करो:

१—क्या gas में मोमबत्ती जलेगी?

२—Litmus के घोल पर इस gas का क्या प्रभाव पड़ता है?

३—इस gas में magnesium के जलने से क्या होता है देखो।

४—हवा से भरा हुआ एक jar में इस gas को पानी की तरह नीचे की ओर उडेल दो। चूने के पानी से नीचे के jar को परीक्षा करो।

५—इसके रंग, स्वाद और गंध मालूम करो। इस jar में थोड़ा पानी डाल कर हिलाओ। इसमें से थोड़ा पानी एक test tube में लो और उसमें चूने का पानी मिला दो। क्या यह gas पानी में घुल जाती है?

इस gas के . । जो गुण तुम को इस प्रकार से मालूम हो चुके हैं उनसे तुम यह सिद्धान्त निकाल सकते हो कि यह ठीक वही gas है जो हवा या oxygen में carbon के जलने से बनती है।

प्रयोग ४३—यह दिखाना कि सब *carbonates* मे *carbon di-oxide* विद्यमान है।

Sodium carbonate, potassium carbonate, magnesium carbonate, copper carbonate आदि जितने भिन्न भिन्न प्रकार के carbonates तुम को मिल सके थोडे थोडे लो। इन carbonates में से किसी एक का थोडा सा हिस्सा एक test tube में लेकर उसमें थोडा dilute hydrochloric acid छोड दो। निकलती हुई gas को धीरे धीरे नीचे की ओर एक दूसरी test tube में उडेल दो जिसमें पहिले ही से थोडा चूने का पानी रक्खा हुआ हो, परन्तु ऐसा करने में इस बात का विशेष ध्यान रहे कि चूने के पानी में कुछ acid भी न चला जाय। दूसरी नली के मुह को अपने अगूठे से बन्द कर लो और उसके भीतर की gas को चूने के पानी के साथ हिलाओ।

अब और बाकी carbonates में से एक एक को लेकर इस प्रयोग को दोहराओ।

प्रयोग ४४—"*Soda water*" की परीक्षा करना।

बाजार की साधारण soda water की एक बोतल खोल डालो।

१—इसमें से थोड़ा सा पानी एक test tube में लेकर उसमें चूने का पानी मिला दो।

२—कुछ पानी को लेकर थोड़े से litmus के घोल से परीक्षा करो।

३—250 c c के एक flask में एक काग और एक झुकी हुई नली लगाओ जो काग के भीतर से केवल थोड़ी ही निकली हुई हो। Carbon di-oxide के जमा करने के लिये जो delivery tube से काम लिया गया था उससे इस झुकी हुई नली को मिला दो।

ताजा खुले हुए soda water से इस flask को गले तक भर दो। Flask को लोहे की तिपाई पर रख कर गरम करो और निकलती हुई gas को एक boiling tube में downward *displacement of air* से जमा कर लो।

यह निर्णय करो कि यह गैस carbon di oxide है या नहीं।

प्रयोग ४५—खड़िया मिट्टी पर ताप की क्रिया की परीक्षा करना।

१—खड़िया मिट्टी के गुणों को लिखो और विशेष कर यह भी लिखो कि यह पानी में घुल जाती है या नहीं और litmus पर इसकी कोई क्रिया होती है या नहीं।

२—चीनी मिट्टी की एक बड़ी प्याली लेकर उसे तोल

लो और उसमें लगभग 2 grams बारीक पिसी हुई खड़िया मिट्टी डाल दो।

प्याली को फिर तोल लो।

एक साधारण अगीठी पर मोटे लोहे के तार का बना हुआ एक त्रिभुज रक्खो। प्याली को इस त्रिभुज पर रख कर एक घंटे तक बराबर गरम करते रहो यहा तक कि अन्त में वह लाल हो जाय।

इसे ठढा करो और फिर तोल लो।

तोल में जो ह्रास अथवा वृद्धि हुई हो उसे लिख लो।

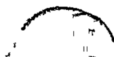
३—प्याली में जो कुछ रह गया है उस पर कई बूंद पानी डाल दो। देखो उसके तापक्रम में कोई परिवर्तन हुआ है या नहीं अथवा और किसी दूसरे प्रकार का कोई परिवर्त्तन हुआ है या नहीं।

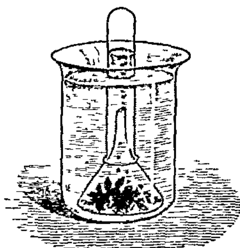
४—प्याली में जो कुछ बचा है उसे दो भागों में बाट कर एक भाग में थोड़ा hydrochloric acid छोड़ दो। क्या कोई gas निकलती है?

५—बाकी आधे को एक boiling tube में रख कर distilled पानी के साथ हिलाओ। क्या पानी में कुछ घुल जाता है? यदि घुल जाता है तो क्या यह घोल क्षार है?

चूने के गुणों की परीक्षा करो और खड़िया मिट्टी को गरम करने के अन्त में जो कुछ पदार्थ रह जाता है उसके गुणों की तुलना चूने के गुणों से करो।

अपने सब अनुभवों को लिख डालो।





चित्र २६

यह सब तेज धूप में रक्खो और जब यथेष्ट gas निकल चुकी हो तो उसे परीक्षा करके देखो कि वह oxygen है या नहीं।

सिद्धान्त

जिस तरह प्राणी oxygen को भीतर खर्च कर डालते है और उसकी जगह carbonic acid gas बाहर निकाल देते है ठीक उसी तरह पौदे तेज धूप में carbonic acid gas को लेकर उसे carbon और oxygen में अलग कर देते हैं। वह अपनी वृद्धि के लिये carbon को ले लेते हैं और oxygen को हवा में छोड देते है।

चौथा भाग

दसवां अध्याय

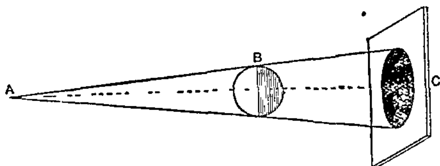
प्रकाश

परिभाषा—सूरज से प्रकाश निकल कर आकाश में चारों ओर फैल जाता है। एक जलते हुए दीपक से भी प्रकाश निकलता है जो कमरे में चारों ओर फैल जाता है। सूरज और दीपक के ऐसे पदार्थ जिन से प्रकाश आप से आप निकलता रहता है **स्वयं-प्रकाशमान** (*self luminous*) कहलाते है। सूरज या कोई जलती हुई बत्ती से प्रकाश अन्य वस्तुओं में पडता है और तब हम उन्हें देख सकते है, ऐसे पदार्थ जो कि केवल उसी दशा में दिखाई देते है जब कोई प्रकाशमान पदार्थ से उन पर प्रकाश पडता हो **प्रकाश-हीन** (*non luminous*) कहलाते है। प्रकाश हीन वस्तुओं को हम इस लिये देख सकते है कि प्रकाशमान पदार्थों से जो प्रकाश उन पर पडता है वह वहां से लौट कर या **परावर्त्तित** (*reflected*) होकर हमारी आंखों तक चला आता है। चांद प्रकाश हीन वस्तु

है, यह केवल तब ही दिखाई देता है जब कि सूरज के प्रकाश को यह पृथिवी की ओर परावर्त्तित कर देता है।

काच की तरह वस्तु जिनके भीतर से होकर प्रकाश इस तरह जा सकता है कि जिन वस्तुओं से प्रकाश आता है वह दिखाई दे, **पारदर्शक** (*transparent*) कहलाती है। लोहे की ऐसी वस्तु जिनके भीतर से होकर प्रकाश निकल नहीं सकता है, **अपारदर्शक** (*opaque*) कहलाती है। वास्तव में कोई भी वस्तु बिलकुल पारदर्शक नहीं है, क्योंकि जब प्रकाश किसी वस्तु में से होकर जाता है तो उसके कुछ भाग को वह वस्तु ले लेती है। और जब अपारदर्शक वस्तुओं से बहुत पतली झिल्ली बनाई जाती है तो उनमें से कुछ थोडा सा प्रकाश निकल आता है। धातु की पतली झिल्ली की तरह वस्तु जिन के भीतर से होकर प्रकाश चला आता है परन्तु चीजें साफ नहीं दिखाई देती हैं, **अर्द्ध स्वच्छ** (*translucent*) कहलाती है। चिकना कागज़ और घिसा हुआ काच अर्द्ध स्वच्छ है।

प्रकाश सरल रेखाओं मे चलता है—यदि तुम एक अपारदर्शक पदार्थ B को एक दीप्त वस्तु A और एक अपारदर्शक परदे C के बीच में रक्खो तो A का प्रकाश B से रुक जाने पर परदे में एक **छाया** पड जाती है। छाये की आकृति वास्तव में प्रकाश के सरल रेखाओं में चलने का फल है। इस तरह यदि पदार्थ B कोई गोला हो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है तो उसकी छाया वृत्ताकार होती है।



चित्र २०

जब हम प्रकाश के विषय में इस प्रकार भावना करते है कि यह किसी एक विन्दु A से चल कर किसी दूसरे विन्दु C तक एक सरल रेखा में पहुचता है तो हम इस सरल रेखा को प्रकाश की एक किरण (*ray*) कहते हैं। किरणों के किसी समूह को *pencil* कहते है जब कि वह सब एक विन्दु से चलती है, जब वह समानान्तर होती है तो वह *beam* कहलाती है।

प्रकाश का परावर्त्तन

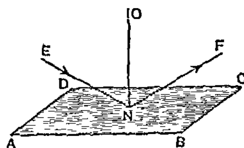
जब प्रकाश किसी सम और चिकने धरातल जैसे काच या चमकती हुई धातु पर पडता है तो प्रत्येक किरण चमकते हुए धरातल पर पडते ही कुछ नियमो के अनुसार परावर्त्तित हो जाती है, जिनका वर्णन निम्नलिखित रूप से किया जाता है

मान लो कि ABCD एक चमकता हुआ धरातल है और EN प्रकाश की एक किरण है जो कि धरातल में

N विन्दु पर आकर पडती है। मान लो कि ON धरातल के साथ समकोण बनाती हुई N विन्दु पर खडी है और NF परावर्त्तित किरण है। तब,

(१) EN, NF और ON सब एक ही धरातल में है।

(२) $\angle EON = \angle ONF$



चित्र ७८

EN किरण जो धरातल पर आकर पडती है *incident ray* कहलाती है, N विन्दु जहा पर incident ray आकर परावर्त्तक धरातल से मिलती है, *point of incidence* कहलाता है, NF किरण जो धरातल के द्वारा अन्य दिशा में घुमा दी गई है *reflected ray* कहलाती है।

किसी एक सरल रेखा का *normal* एक ऐसी सरल रेखा होती है जो उसके साथ समकोण बनाती है, इसी तरह एक धरातल के साथ समकोण बनाती हुई जो रेखा उस पर खडी होती है वह उसका *normal* कहलाती है। NO, ABCD धरातल में N विन्दु पर normal है। Incident ray और normal के बीच में जो कोण ENO है उसे *angle of incidence* कहते है, reflected ray और

normal के बीच में जो कोण ONE है उसे *angle of reflection* कहते हैं।

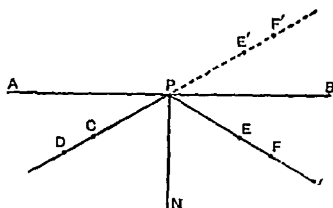
अब हम **परावर्त्तन के नियमों** (*laws of reflection*) को और साधारण रूप से इस तरह वर्णन कर सकते हैं

(१) *Incident ray, reflected ray* और *point of incidence* **पर परावर्त्तक धरातल का** *normal* **सब एक ही धरातल में होते हैं।**

(२) *Angle of incidence* **सदा** *angle of reflection* **के बराबर होता है।**

प्रयोग ५१—परावर्त्तन के नियमों का प्रतिपादन।

(१) Drawing board या अपने बेञ्च पर कागज का एक तख्ता लगा लो। उस पर एक सरल रेखा AB खीचो। तुम्हे जो दर्पण दिया गया है उसे कागज पर इस तरह रक्खो कि उसके परावर्त्तक धरातल (पीठ) का किनारा AB पर रहे और परावर्त्तक धरातल ठीक खडा रहे। दो पिन C, D लगभग ४ इञ्च की दूरी पर कागज में इस तरह लगा दो कि वह ठीक खडी रहें और रेखा DC दर्पण से एक कोण पर झुकी हुई रहे। अपने सिर को स्थिर रख कर एक आख से DC की दिशा में देखो और E और F पर दो और पिन इस तरह लगा दो कि इनके प्रतिबिम्ब E', F' रेखा DC के बढाये हुए भाग पर होते हुए मालूम दें।



चित्र २८

दर्पण और पिनों को निकाल लो। प्रत्येक पिन की निकालते समय उसकी जगह पर अच्छी तरह निशान लगा दो। DCP और FEP रेखाओं को खींचों, यदि तुमने इस प्रयोग को शुद्धता के साथ किया है तो यह रेखायें AB पर जाकर मिल जायगी। P विन्दु पर AB के साथ PN एक लम्ब खड़ा करो।

चूंकि E'F', DC रेखा के पीछे की ओर बढाये हुए भाग में मालूम होती थी, इस लिये FE किरण P विन्दु पर परावर्त्तित होने के पीछे अवश्य CD रेखा के रास्ते से आकर आंख तक पहुचेगी। PFN को angle of incidence और DPN को angle of reflection कहते है। अपने protractor से इन कोणो को नाप कर उनके मानों को लिख लो।

पिनों को भिन्न भिन्न स्थानो पर रख कर इस प्रयोग को दोहराओ। तुम्हारे फलों से यह सिद्ध हो जाना चाहिये कि

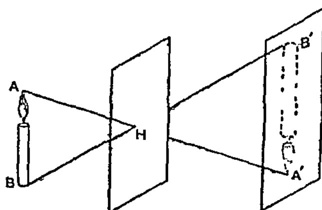
angle of incidence प्रत्येक दशा मे *angle of reflection* के बराबर होता है।

(२) एक छोटा आयताकार दर्पण का टुकडा लो। दर्पण में उस से कुछ कम चौडा एक दफ़्ती का टुकडा बाध दो ताकि तुम्हे 2 mm चौडा दर्पण मिल जाय। इस दर्पण को किसी एक चपटे board के साथ समकोण बनाते हुए लम्बे लम्बे रख दो। Board पर दर्पण के एक सिरे के पास और उसके सामने लगभग ३ इञ्च पर एक पिन लगा दो। दर्पण मे देखो कि पिन का प्रतिविम्ब कहा पड़ता है। इसे देखने के लिये तुम्हें अपनी आखें board के समतल में रखना पडेगा, अब पिन, उसका प्रतिविम्ब और तुम्हारी आखें board के धरातल में है, अर्थात् incident ray और reflected ray board के धरातल में है। चूकि दर्पण board के साथ समकोण बनाता है, इस लिये incidence के विन्दु पर का normal भी board के धरातल में है। अत, *incident ray, normal* और *reflected ray* सब एकही धरातल मे होती हैं।

असली वस्तुओ के सदृश जो छाया दिखाई देती है उन्हें प्रतिविम्ब (*images*) कहते हैं। प्रतिविम्ब दो प्रकार के होते है, यथार्थ (*real*) और कल्पित (*virtual*)।

प्रयोग ५२—किसी मोमबत्ती का यथार्थ प्रतिबिम्ब उत्पन्न करना।

दफ़्ती के एक टुकड़े के ठीक बीच में लगभग 3 mm व्यास का एक सूराख करो। एक अँधेरे कमरे में नीचे लिखे हुए प्रयोग को करो। दफ़्ती को मोमबत्ती और दिवार के बीच में पकड़ो। तुम्हें मोमबत्ती का एक प्रतिबिम्ब A'B' दिवार पर दिखाई देगा। मोमबत्ती के भिन्न भिन्न



चित्र ३०

भागों से किरणें दफ़्ती के सूराख में से होकर दिवार पर पड़ती हैं। चूंकि प्रकाश सरल रेखाओं में चलता है इस लिये मोमबत्ती के A विन्दु का प्रतिबिम्ब A' पर बनता है, B विन्दु का B' पर, और इसी तरह मोमबत्ती के और और विन्दुओं के लिये भी यही होता है। इस प्रकार से मोमबत्ती का एक प्रतिबिम्ब बन जाता है। चूंकि वह किरणें जिन से प्रतिबिम्ब बनता है वास्तव में इसमें से होकर निकलती है,

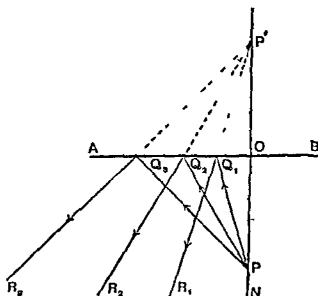
इस लिये ऐसे प्रतिविम्ब को यथार्थ (*real*) प्रतिविम्ब कहते हैं।

जब प्रयोग ५१ में तुमने DC की दिशा में देखा था तो तुम को E पिन का परावर्त्तित प्रतिविम्ब दिखाई पडा था, यदि तुम्हें यह न मालूम होता कि वहा वह दर्पण है तो तुम्हें यह भावना होती कि DC रेखा के बढाये हुए भाग में कही पर E′ एक पिन है। E से प्रकाश की जो किरणें निकली थी और परावर्त्तित होकर आख में आई थी उनसे आख पर ठीक वही प्रभाव पडा था मानों कि वह E′ विन्दु पर की कोई एक असली पिन से सीधी चली आई थीं। किरणें वास्तव में E′ विन्दु से होकर नही जाती है परन्तु परावर्त्तित होकर इस तरह चलती है कि E′ से आती हुई मालूम होती है। प्रतिविम्ब E′ कल्पित (*virtual*) कहलाता है। हम किसी कल्पित प्रतिविम्ब को परदे पर नहीं डाल सकते है।

प्रयोग ५३—समतल दर्पण से प्राप्त प्रतिविम्ब की स्थिति प्रयोग के द्वारा निर्णय करना।

Drawing board या अपने bench पर एक कागज का तख्ता पिन से लगा लो। इस कागज के तख्ते पर AB एक रेखा खीचो और उस पर एक normal, ON खडा करो। कागज पर एक दर्पण इस तरह रक्खो कि उसका परावर्त्तक धरातल (reflecting surface) AB के बराबर रहे।

ON पर एक पिन P को O से ५ इञ्च को दूरी पर लगा दो। दर्पण मे देख कर और पिनो को रख कर $Q_1 R_1$, $Q_2 R_2$ और $Q_3 R_3$ परावर्त्तित किरणो की दिशाओं को मालूम करो जो PQ_1, PQ_2 और PQ_3 incident ray से क्रमश, मिलती है। दर्पण को हटा लो और $R_1 Q_1$, $R_2 Q_2$



चित्र ३१

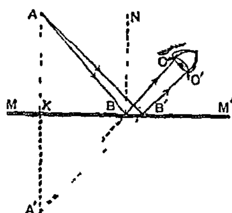
और $R_3 Q_3$ को बढा कर मिला दो। यह रेखाये दर्पण के पीछे NO के बढाये हुए भाग पर P' एक विन्दु पर जा मिलेंगी। P' विन्दु P का प्रतिविम्ब है। इस तरह हमें यह मालूम हो गया कि **किसी वस्तु का प्रतिविम्ब उस वस्तु से दर्पण पर डाले हुए *normal* पर बनता है।** OP और OP' की दूरिओं को नापो। यह दोनों आपस में

बराबर पाई जायगी। अत, वस्तु और उसका प्रतिबिम्ब दोनों दर्पण से बराबर दूरी पर रहते है।

P को भिन्न भिन्न स्थानों में रख कर इस प्रयोग को दोहराओ।

प्रयोग ५४—समतल दर्पण से बने हुए प्रतिबिम्ब की स्थिति ज्योमेट्री के द्वारा निर्णय करना।

मान लो कि MM′ एक दर्पण है और A उसके सामने एक वस्तु है। प्रकाश की किरणे A से निकल कर दर्पण



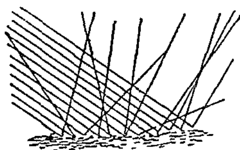
चित्र ३२

MM′ पर सब दिशाओं से पडती हैं। अब मान लो कि AB उनमें से एक किरण है, B से परावर्त्तित होकर यह BC की दिशा में चलती हुई एक आंख में प्रवेश करती है। BN, normal खडा करो। CB को बढा दो ताकि वह A से डाले हुए लम्ब के साथ A′ पर जाकर मिल जाय।

और मान लो कि AA' लम्ब MM' को X पर काटता है। सिद्ध करो कि $AX=XA'$ चूंकि A एक नियत विन्दु है, इस लिये AX एक नियत दूरी है, इस लिये AB किरण की दिशा चाहे कुछ भी हो $A'X$ भी अवश्य एक नियत दूरी होगी और A' अवश्य एक नियत विन्दु होगा। इसी तरह यदि तुम AB' एक और किरण खीचो जो कि B' से परावर्त्तित होकर $B'C'$ की दिशा से आख में पहुचती हो, तो $C'B'$ रेखा बढाये जाने पर अवश्य A' में से होकर जायगी। इसलिये A' वह विन्दु है जहा से आख में प्रवेश करती हुई किरणावली (pencil of ray) आती हुई मालूम देती है, A' विन्दु A का **प्रतिविम्ब** है। हम ने देखा है कि A' उस normal में पडता है जो A से दर्पण पर डाला गया है और दर्पण से इतना पीछे है जितना कि A उसके सामने है।

प्रश्न

इसका क्या कारण है कि जब तुम अपने note book के किसी पृष्ठ के सामने एक पिन लाते हो, तो तुम्हे कोई प्रतिविम्ब नही दिखाई देता है? इसका कारण यह है कि कागज का धरातल कांच की तरह चिकना नही है परन्तु खुरदरा है। कागज के धरातल पर प्रकाश की किरणो के पडने से क्या होता है इस चित्र से तुम्हें मालूम हो जायगा। प्रत्येक किरण परावर्त्तन के नियमानुसार परावर्त्तित होती



चि ८१

है, परन्तु चूकि धरातल भिन्न भिन्न भाग incident rays से भिन्न भिन्न कोण नाते हैं इसलिये किरणे परावर्त्तित होकर भिन्न भिन्न दिशाओं में फैल जाती है, ऐसी दशा में यह कहा जाता है कि प्रकाश फैल गया (*scattered*) है।

वर्त्तुलाकार नतोदर दर्पण से परावर्त्तन

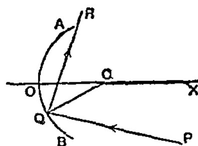
अब तक हमने चपटे या **समतल** दर्पण से परावर्त्तन को परीक्षा की है, परन्तु अब हम वर्त्तुलाकार दर्पण से परावर्त्तन पर विचार करेंगे। **वर्त्तुलाकार दर्पण** (spherical mirror) एक ऐसा परावर्त्तक धरातल है जो कि एक गोले का अश है। यदि प्रकाश का परावर्त्तन भीतरी धरातल से होता है तो इस वर्त्तुलाकार दर्पण को **नतोदर** (*concave*) कहते है।

मान लो कि AOB एक वर्त्तुलाकार दर्पण का section है जिसका O मध्यभाग है। मान लो कि C विन्दु गोले का केन्द्र है जिसका यह दर्पण एक भाग है और OX एक

सरल रेखा है जो O और C दोनो केन्द्रो के भीतर से गुजरती है। OX को दर्पण का **प्रधान अक्ष** (principal axis) कहते है।

अब देखो कि किरण AOB दर्पण से किस तरह परावर्त्तित होती है। हम तीन भिन्न भिन्न दशाओ पर विचार करेगे

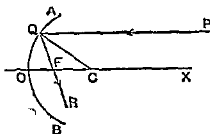
(१) जब एक किरण दर्पण पर किसी दिशा PQ से आकर पडती है। चूकि गोले का प्रत्येक अर्द्धव्यास अपने धरातल के साथ समकोण बनाता है, इसलिये CQ रेखा Q पर normal है। अत यह किरण QR की दिशा में परावर्त्तित हो जायगी जहा ∠RQC = ∠PQC



चित्र ३४

(२) जब कोई किरण CQ दिशा से अर्थात् गोले के किसी अर्द्धव्यास से होकर आये तो वह फिर उसी रेखा पर परावर्त्तित होकर लौट जायगी, angle of incidence (अर्थात् CQ और Q पर के normal के मध्य का कोण) 0° है और angle of reflection भी 0° है।

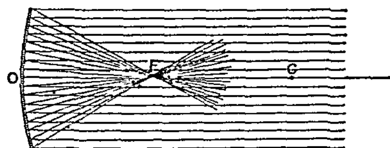
(३) जब एक किरण PQ दर्पण पर अक्ष की समानान्तर दिशा से आती हो। मान लो कि QR परावर्त्तित किरण की दिशा है जो अक्ष को F पर काटती है।
$\angle PQC = \angle FQC$ परन्तु $\angle PQC$ = alternate $\angle QCF$, $\angle FQC = \angle QCF$, $FC = FQ$
यदि Q विन्दु O विन्दु के निकट हो, अर्थात्, यदि हम केवल उन्ही किरणों पर विचार करें जो इस दर्पण के आस पास थोडे से हिस्से पर पड रही है, तो FQ प्राय FO के



चित्र २५

बराबर होगा और इस दशा में $FC = FQ = FO$ अर्थात् यह कहा जा सकता है कि F विन्दु O और C के ठीक मध्यभाग पर स्थित है। F को दर्पण का *principal focus* कहते हैं और FO दूरी को इसका *focal length* कहते हैं और इसे प्राय f लिखते है। QC दर्पण का *radius of curvature* कहलाता है और यह प्राय r लिखा जाता है।

इसलिये हम देखते है कि जो किरण किसी नतोदर दर्पण पर उसके मध्यभाग के पास उसके principal axis की समानान्तर दिशा में पडती हैं वह परावर्त्तित होकर



चित्र २६

principal axis पर एक विन्दु F में आकर सब एक साथ मिल जाती है जो कि C और O के ठीक मध्यभाग में स्थित है।

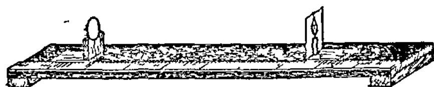
प्रयोग ५५—यह दिखाना कि किसी नतोदर दर्पण में जो समानान्तर किरणें पड़ती हैं वह झुक कर एकही विन्दु पर मिल जाती हैं।

दिये हुए नतोदर दर्पण के मध्यभाग का थोड़ा सा अंश खुला छोड़ कर बाकी सब काले कागज से ढक दो जिससे कि किरण दर्पण के उस भाग के अतिरिक्त और कहीं न पड़ें। दर्पण को सूरज के सामने रक्खो। सूरज इतनी दूरी पर है कि जो किरणें वहां से आकर दर्पण पर पड़ती हैं वह सब परस्पर समानान्तर समझी जा सकती हैं। दर्पण और सूरज के बीच में एक टुकड़ा दफ़्ती एक तरफ़ थोड़ा सा हटा कर इस तरह रक्खो कि दर्पण पर गिरते हुए प्रकाश की किसी तरह रुकावट न होने पाये। एक विशेष विन्दु पर सूरज का एक बहुत स्पष्ट और छोटा प्रतिविम्ब तुम्हें मिल जायगा। दर्पण के मध्यभाग से इस प्रतिविम्ब की दूरी

दर्पण का focal length, *f* है। अपने साथी की सहायता से इस दूरी को नापो और अपने note book में लिख लो।

प्रयोग ५६—नतोदर दर्पण का *radius of curvature* निकालना।

तुम को दो stands दिये गये हैं, इनमें से एक में एक नतोदर दर्पण है और दूसरे में एक आयताकार टिन का टुकड़ा है जिसमें T की आकृति का एक सूराख़ बना हुआ है। तुम को एक *optical bench* भी दिया गया है, यह एक चपटा आयताकार तख़्ते का टुकड़ा है जिसके एक किनारे पर एक scale लगा हुआ है।



चित्र ३०

Optical bench पर इन दोनों stands को scale के साथ बिलकुल लगा कर रक्खो। टिन की एक तरफ़ सफ़ेद कागज चिपका दिया गया है, इसी ओर को दर्पण के सामने रक्खो। टिन के पतले सूराख को प्रकाश करने के लिये उसके पीछे एक मोमबत्ती रख दी गई है, यह सूराख इस तरह एक दीप्त वस्तु बन जाता है जो कि दर्पण में परावर्त्तित होता है। मोमबत्ती को इस तरह रक्खो कि इसकी लौ सूराख के ठीक पीछे रहे। दर्पण को इधर उधर

हटाते रहो जब तक कि सूराख का एक स्पष्ट प्रतिबिम्ब टिन पर चपकाये हुए कागज पर सूराख के पास न पडे। प्रतिबिम्ब को इस स्थान में लाने के लिये दर्पण को scale से कुछ तिरछा करके रखना पडेगा।

यहा सूराख दीप्त वस्तु है और चूकि इसका प्रतिबिम्ब इसी के पास बनता है, इस लिये यह स्पष्ट है कि प्रकाश की किरणें जिस दिशा से आती है फिर उसी दिशा में परावर्त्तित हो जाती है और यह कि वह सूराख दर्पण के centre of curvature पर स्थित है। दर्पण से सूराख की दूरी अवश्य दर्पण का radius of curvature, r, होगा। Scale पर दर्पण और टिन के सामने के निशानों को पढ कर इस दूरी, r, को नाप लो।

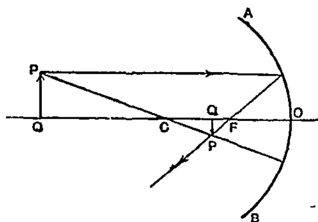
प्रयोग ५५ की रीति से f का जो मान निकला था उस से r के इस मान की तुलना करो और इस तरह सिद्ध करो कि $r = 2f$

प्रयोग ५७—नतोदर दर्पण से जो प्रतिबिम्ब मिलता है उसका स्थान ड्राइंग के द्वारा निरूपण करना।

(१) जब कि कोई वस्तु दर्पण से उसके *centre of curvature* की अपेक्षा अधिक दूरी पर हो।

C को केन्द्र मान कर AB एक वृत्त का चाप खींचो जो दर्पण का एक section प्रकट करता है, दर्पण के

केन्द्र को O और principal focus को F मानो और मान लो कि P दीप्त वस्तु है। P से निकली हुई कोई किरण जो दर्पण पर principal axis की समानान्तर

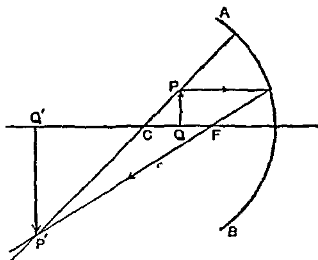


चित्र ३८

दिशा में पडती है वह परावर्त्तित हो कर F में से गुजरती है। P से निकली हुई एक और किरण जो दर्पण पर PC की दिशा में पडती है वह फिर परावर्त्तित हो कर उसी रास्ते से लौट जाती है। इस लिये P' विन्दु जहा यह दोनों परावर्त्तित किरणें जाकर मिलती हैं, अवश्य P के प्रतिविम्ब का स्थान होगा। इसी तरह यह भी दिखाया जा सकता है कि PQ पर के किसी और विन्दु का प्रतिविम्ब भी P'Q' रेखा पर होगा। इस लिये P'Q', PQ का प्रतिविम्ब है। यह प्रतिविम्ब वस्तु से छोटा है और उल्टा भी है, और चूकि यह वास्तव में किरणों के मिल जाने से बना है, इस लिये यह यथार्थ (*real*) है।

इसी तरह अपने note book पर ड्राइंग करके किसी वस्तु PR के प्रतिबिम्ब का स्थान मालूम करो जो दर्पण से उसके centre of curvature की अपेक्षा अधिक दूरी पर है।

(२) जब कोई वस्तु दर्पण के centre of curvature और उसके principal focus के बीच में स्थित हो।



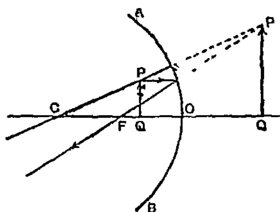
चित्र २९

C और F के बीच में स्थित किसी वस्तु PQ का प्रतिबिम्ब कहां होगा अपने note book पर ड्राइंग के द्वारा मालूम करो। इस दशा में प्रतिबिम्ब वस्तु से बड़ा होगा, यह उल्टा और यथार्थ (*inverted and real*) होगा।

(३) जब कोई वस्तु दर्पण और उसके principal focus के बीच में स्थित हो।

O F के बीच में स्थित किसी वस्तु PQ का प्रतिबिम्ब

कहा होगा अपने note book में इसके द्वारा मालूम करो। इस दशा में प्रतिबिम्ब वस्तु से बड़ा होगा, यह



चित्र ४०

खड़ा होगा और चूंकि यह प्रतिबिम्ब किरणों को पीछे की ओर बढ़ा कर दर्पण के पीछे मिलाये जाने से बनता है इस लिये यह काल्पित (*virtual*) होगा।

प्रयोग ५८—नतोदर दर्पण से जो प्रतिबिम्ब बनते हैं उनके स्थान और दशा प्रयोग के द्वारा निर्णय करना।

तुम को एक optical bench, एक पतला सूराख (slit) जो किसी जगह पर रक्खा जा सके और एक दर्पण दिया जाता है जैसा कि प्रयोग ५६ में दिया गया था, और इनके अतिरिक्त एक सफ़ेद दफ़ी के टुकड़े का बना हुआ एक परदा भी दिया जाता है, जो ठीक उसी तरह के stand

पर रक्खा हुआ है जिस तरह के stands के सहारे से दर्पण और सूराख खडे हुए हैं।

(१) Slit को दर्पण और principal focus के बीच में रक्खो। परदे पर इसका कोई प्रतिबिम्ब न डाल सकोगे। परन्तु यदि तुम दर्पण में देखो तो तुम्हें उस वस्तु का प्रतिबिम्ब दिखाई पडेगा, यह खडा (erect), कल्पित (imaginary) और असली चीज से बडा होगा।

(२) Slit को principal focus और centre of curvature के बीच में रक्खो। यदि परदे को दर्पण से उसके centre of curvature की अपेक्षा अधिक आगे रक्खा जायगा तो उस पर एक बडा, यथार्थ और उल्टा प्रतिबिम्ब पड सकता है। दर्पण से सूराख की दूरी को धीरे धीरे बढाते जाओ, प्रतिबिम्ब क्रमश दर्पण के पास आ जाता है, परन्तु जब तक वह पतला सूराख centre of curvature तक नहीं पहुच जाता, उसका प्रतिबिम्ब यथार्थ (real), उल्टा (inverted) और असली चीज से बडा होगा।

(३) Slit को दर्पण से उसके centre of curvature की अपेक्षा और आगे रक्खो। परदे पर उसका प्रतिबिम्ब डालने के लिये यह आवश्यक है कि परदे को principal focus और centre of curvature के बीच में रक्खा जाय, इस दशा में प्रतिबिम्ब यथार्थ, उल्टा और असली चीज से छोटा होगा।

वस्तु और उसके प्रतिविम्ब के स्थान निरूपण करने का नियम

ऊपर के प्रयोग के दूसरे और तीसरे भागों को दोहराओ और optical bench के scale पर नाप कर शुद्धता के साथ यह निकालो कि प्रत्येक दशा में सूराख की दूरी u और परदे की दूरी v क्या क्या है। $\frac{I}{u}+\frac{I}{v}$ का मान निकालो। तुम देखोगे कि सूराख चाहे किसी जगह पर रहे यह मान सदा स्थिर रहता है। यदि वस्तु बहुत दूर हो, अर्थात् यदि u को बहुत बडा कर दिया जाय, तो $\frac{I}{u}$ बहुत छोटा हो जाता है, यहां तक कि वह शून्य मान लिया जा सकता है। इस दशा में प्रतिविम्ब principal focus पर बनता है और $v=f$ इसलिये जब वस्तु बहुत दूर होगी तो $\frac{I}{u}+\frac{I}{v}=\frac{I}{f}$, परन्तु तुम देख चुके हो कि वस्तु के किसी जगह पर भी होने पर $\frac{I}{u}+\frac{I}{v}$ सदा एक ही राशि रहता है। इसलिये इस स्थिर राशि का मान $\frac{I}{f}$ है और उस वस्तु के सब स्थानों के लिये हम लिख सकते हैं कि

$$\frac{I}{u}+\frac{I}{v}=\frac{I}{f}$$

$\frac{I}{f}$ का मान निकाल कर इस नियम की जांच करो, इस काम के लिये radius of curvature, r का मान निकालो (प्रयोग ५६) और स्मरण रक्खो कि $\frac{I}{f}=\frac{2}{r}$

अभ्यास ६

(१) एक चित्र खींच कर सिद्ध करो कि जब कोई मनुष्य एक ऐसे दर्पण के सामने खड़ा हो जिसकी लम्बाई उस मनुष्य की लम्बाई से आधी हो, तो वह उसमें अपने सम्पूर्ण शरीर को देख सकता है।

(२) ज्योमेट्री से सिद्ध करो कि जब कोई दर्पण किसी कोण में घुमा दिया जाता है तो परावर्त्तित किरण उसकी दूने कोण में घूम जाती है, यदि incident ray की दिशा स्थिर रहे।

(३) एक समतल दर्पण के सामने रक्खी हुई 2 cm लम्बी एक वस्तु AB के प्रतिबिम्ब की लम्बाई और स्थिति ड्राइंग के द्वारा निर्णय करो, जब कि इसके दो सिरे A और B दर्पण से क्रमश 1 और 2 cm की दूरी पर हों।

(४) एक समतल दर्पण किसी वस्तु के सामने 3 ft की दूरी पर रक्खा हुआ है। यदि दर्पण को उसी के समानान्तर 2 ft (१) वस्तु से और आगे की ओर (२) वस्तु की ओर ले जाय तो उस वस्तु का प्रतिबिम्ब कितनी दूर और किस दिशा में हट जायगा ?

(५) ड्राइंग के द्वारा 2 cm. ऊंची एक वस्तु AB के प्रतिबिम्ब की स्थिति, दशा और ऊंचाई निर्णय करो जब कि वह 5 cm focal length के एक नतोदर दर्पण के principal axis पर (अ) 12 cm, (ब) 24 cm की दूरी पर रक्खा हुआ हो।

(६) हिसाब लगा कर बताओ कि निम्नलिखित दशाओं में एक नतोदर दर्पण से किसी वस्तु का प्रतिविम्ब कहां होगा '

(अ) दर्पण का focal length, 20 cm , दर्पण से वस्तु की दूरी 25 cm

(ब) ,, ,, ,, 10 cm , ,, ,, ,, 20 cm

(स) ,, ,, ,, 35 cm , ,, ,, ,, 70 cm

(७) 16 cm radius of curvature के एक नतोदर दर्पण के सामने 12 cm की दूरी पर एक दीप्त विन्दु स्थित है। यदि यह दीप्त विन्दु दर्पण की ओर 3 cm और आ जाय तो इसका प्रतिविम्ब किस तरफ़ और कितनी दूर हट जायगा ?

(८) रेखाचित्र की सहायता से (graphically) सिद्ध करो कि किसी एक वस्तु को एक नतोदर दर्पण के सामने चाहें कहीं पर रक्खें, $\frac{I}{O}$ सदा $\frac{v}{u}$ के बराबर होता है जब कि I और O क्रमश प्रतिविम्ब (image) और वस्तु (object) की उचाइया है और v और u दर्पण से उनकी दूरिया है।

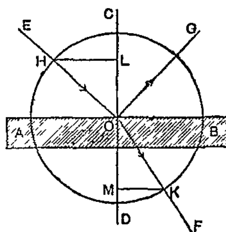
(९) हिसाब लगा कर यह निकालो कि 2 cm लम्बी एक वस्तु को 8 cm focal length के एक नतोदर दर्पण के सामने कहा पर रखना चाहिये कि उससे 1 cm लम्बा एक यथार्थ प्रतिविम्ब बन जाय। रेखाचित्र की सहायता से (graphically) अपने उत्तर की जाच करो।

(१०) 18 cm focal length के एक नतोदर दर्पण के सामने 10 cm की दूरी पर एक वस्तु रक्खी हुई है।

इसका प्रतिबिम्ब कहां पर बनता है? अपने उत्तर में जो ऋणात्मक चिह्न आता है उसका तात्पर्य समझाओ।

प्रकाश का वर्त्तन

तुम पढ चुके हो कि प्रकाश की किरणें जब हवा में से जाती है तो वह सरल रेखाओं में चलती हैं, और यह कि जब प्रकाश की कोई किरण हवा मे से होकर किसी चमकते हुए धरातल पर पडती है तो वह किरण वहा से लौट कर एक और सरल रेखा में चली जाती है। अब हमें यह देखना है कि जब किरणें हवा में से होती हुई काच या पानी के ऐसे किसी भिन्न घनत्व के पारदर्शक पदार्थ के भीतर जाती है, तो क्या होता है।



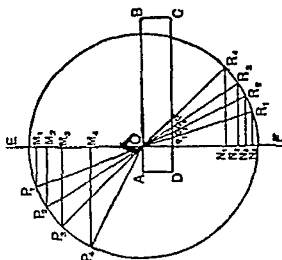
चित्र ४१

मान लो कि हवा में से होकर EO एक प्रकाश की किरण काच के एक चादर AB के धरातल पर पडती है। प्रकाश का कुछ अंश धरातल पर परावर्त्तन के नियमानुसार

OS की दिशा में परावर्त्तित हो जायगा। प्रकाश का और बाकी अंश काच के भीतर चला जायगा, जो किरण भीतर जाती है वह EO की दिशा में नही जायगी वरन् CD normal की ओर झुक जायगी या वर्त्तित (*refracted*) हो जायगी। OF को वर्त्तित किरण (*refracted ray*) कहते है। यह वर्त्तित किरण उसी धरातल में होगी जिसमें कि incident ray और वह normal होगा जो point of incidence पर खडा होगा। Refracted ray और incident ray की दिशाओं में एक सरल सम्बन्ध भी होता है। O को केन्द्र मान कर एक वृत्त खींचो और मान लो कि इस वृत्त की परिधि EO को H पर और OF को K पर काटती है। Normal के ऊपर HL और KM दो लम्ब डालो। जब प्रकाश शून्य आकाश (या हवा, जो प्राय उसके बराबर है) से होकर किसी पदार्थ में वर्त्तित होता हो तो $\frac{HL}{MK}$ अनुपात को हम उस पदार्थ का *refractive index* कहते है। Angle of incidence चाहे कुछ भी हो, यह अनुपात उस पदार्थ के लिये सदा स्थिर रहता है परन्तु भिन्न भिन्न पदार्थों के लिये भिन्न भिन्न अनुपात होता है। इस तरह काच के लिये इसका मान सदा एक ही रहता है और पानी के लिये भी मान सदा एक ही रहता है परन्तु ऐसा कभी न होगा कि जो मान पानी के लिये है वही मान काच के लिये भी हो।

प्रयोग ५६—काच का *refractive index* निकालना।

एक सफ़ेद कागज के तख्ते पर काच का एक टुकडा रख दो। बारीक नोक की एक पेन्सिल से कागज पर काच के स्थान का निशान लगा दो। मान लो कि ABCD काच के टुकडे का "खाका" ("plan") है। AB में



चित्र ४२

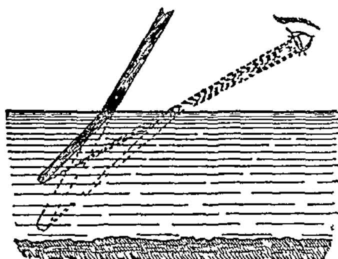
किसी एक विन्दु O पर निशान लगा दो और वहा AB पर लम्ब EF खडा कर दो। O को केन्द्र मान कर और लगभग 3″ अर्द्धव्यास लेकर एक वृत्त खींचो। काच के टुकडे को फिर अपने स्थान पर रख दो। O पर एक पिन गाड दो और कुछ पिन P_1, P_2, P_3 और P_4 वृत्त की परिधि पर गाड दो अब $P_1 O$, $P_2 O$, $P_3 O$ और $P_4 O$ को चार incident rays मान लो। $P_1 O$ किरण काच के

भीतर से होकर जिस रास्ते से निकलेगी उसे मालूम करने के लिये CD भुजा की तरफ़ से काच के भीतर देखते हुए CD के किनारे पर एक पिन Q_1 इस तरह लगा दो कि P_1, O और Q_1 एक ही सरल रेखा में दिखाई दे, Q_1 O उस refracted किरण की दिशा है जो कि incident किरण P_1 O से निकलती है। इसी तरह Q_2, Q_3 और Q_4 पिनों को काच के किनारे CD पर लगाते जाओ ताकि काच के भीतर से देखने पर यह क्रमश P_2 O, P_3 O और P_4 O के साथ एक ही सरल रेखा में दिखाई पड़े। काच को हटा लो। OQ_1, OQ_2, OQ_3 और OQ_4 रेखाओं को इतना बढ़ाओ कि वह वृत्त की परिधि से R_1, R_2, R_3 और R_4 पर क्रमश. मिल जाय। P_1, P_2, P_3 और P_4 से P_1M_1, P_2M_2, P_3M_3 और P_4M_4 लम्बों को EF normal पर डालो, और R_1, R_2, R_3 और R_4 से R_1N_1, R_2N_2, R_3N_3 और R_4N_4 लम्बों को EF normal पर डालो। इन आठों रेखाओं को लम्बाइया नापो और अपने फलों को इस तरह लिखो।

PM की लम्बाई	RN की लम्बाई	काच का refractive index $\frac{PM}{RN}$

प्याली को पानी से भर दे। अब तुम को रुपया दिखाई देने लगेगा। इस चित्र की सहायता से इसका कारण बताओ।

(२) पानी में एक छडी को तिर्छा करके रक्खो। यह कुछ छोटी और पानी के धरातल पर झूकी हुई मालम



चित्र ४५

देती है। क्यों? कभी कभी लोग पानी के भीतर भाले से मछली का शिकार करते हैं। क्या वह मछली के सामने से निशाना बाधते है या पीछे से? कारण बताओ।

अभ्यास ७

(१) किसी ठोस medium के refractive index निकालने की रीति वर्णन करो जब प्रकाश की किरण हवा से होकर उस medium में जाती है।

(२) कुछ ऐसी घटनाओं के उदाहरण दो जो प्रकाश के वर्तन के कारण होती है।

(३) एक चित्र की सहायता से यह समझाओ कि क्यों तालाव में मछली देखने में तो धरातल के पास ही मालूम होती है यद्यपि वास्तव में वह वहा से दूर होती है।

(४) काच का refractive index $\frac{3}{2}$ है, यह कहने से हमारा क्या अभिप्राय होता है अच्छी तरह समझाओ। प्रकाश की एक किरण काच के किसी टुकडे पर उसके धरातल से 60° का कोण बनाती हुई पडती है। ड्राइंग के द्वारा angle of refraction निकालो।

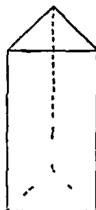
(५) एक प्रकाश की किरण हवा में से चल कर पानी में पहुचती है और पानी के धरातल से 50° का कोण बनाती है। पानी का refractive index $\frac{4}{3}$ मान कर रेखाचित्र के द्वारा (graphically) refracted ray का रास्ता दिखाओ।

(६) प्रकाश की एक किरण किसी द्रव पदार्थ के धरातल पर उसके लम्ब के साथ 45° का कोण बनाती है। ड्राइंग के द्वारा निकालो कि यह किरण द्रव पदार्थ के भीतर लम्ब के साथ कौन सा कोण बनाती हुई वर्तित होगी यदि उस द्रव पदार्थ का refractive index 1 5 हो।

(७) प्रकाश की एक किरण किसी द्रव पदार्थ में से निकलकर हवा में जाती है और normal के साथ 30° के कोण पर incident होती है। ड्राइंग के द्वारा यह निकालो कि यह किरण द्रव पदार्थ के धरातल के साथ कौन सा कोण बनाती हुई हवा में जा निकलेगी। द्रव पदाथ का index of refraction 1 7 है।

प्रिज़्म के भीतर से वर्तन

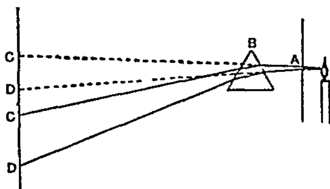
जब हम विज्ञान में प्रिज़्म (prism) का उल्लेख करते हैं तो उससे हमारा अभिप्राय कांच के एक ऐसे टुकडे से होता है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।



चित्र ४६

स्पेक्ट्रम—दफ़्ती के एक टुकडे में एक पतला सूराख A बनाओ और एक अंधेरे कमरे में किसी जलती हुई मोमबत्ती से इस सूराख पर प्रकाश डालो। सफ़ेद कागज के एक टुकडे को एक retort stand के सहारे से इस तरह खडा रक्खो कि सूराख A से प्रकाश निकलकर कागज में CD पर पडे। सूराख और यह परदे के बीच में और सूराख के पास एक prism B को लाओ। तुम देखोगे कि जो प्रकाश का खण्ड CD पर गिरता था वह अब हट कर C'D' पर गिरता है और कुछ पतला और लम्बा भी हो जाता है और इसमें भिन्न भिन्न प्रकार के वर्ण दिखाई देते

हैं। प्रकाश के इन वर्णों के समूह को *Spectrum* कहते हैं। सूरज या मोमबत्ती का सफेद प्रकाश वास्तव में भिन्न भिन्न वर्णों के प्रकाश का समूह है। जब यह सब किसी prism में से होकर निकलते हैं तो वह अपने अपने रास्ते से हट कर भिन्न भिन्न मात्राओं में झुक जाते हैं या



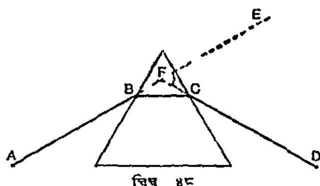
चित्र ४०

वर्तित (*refracted*) हो जाते हैं और इस तरह वह परदे पर अलग अलग दिखाई देते हैं। इन्द्रधनुष (*rainbow*) सूरज के प्रकाश से बनता है जब कि वह वृष्टि के बिन्दुओं में से होकर वर्तित होता है।

प्रयोग ६१—कांच के *prism* के भीतर से होकर निकलते हुए प्रकाश की किसी किरण का रास्ता मालूम करना।

एक कागज के तख्ते पर एक prism को उसके एक सिरे पर खड़ा कर दो। दो पिन A और B पर लगा दो

Prism की विपरीत दिशा से भीतर की ओर देखो और C और D विन्दुओं पर दो पिन इस तरह लगाओ कि A और B पर की पिनों के साथ यह पिन एक ही सरल रेखा में दिखाई दें। कागज़ पर prism का खाका खींच कर पिनों को निकाल लो और A, B, C, D पिनों के



चित्र ४८

सूराखों को मिला दो। Prism के भीतर से निकलती हुई किरण का मार्ग रेखा ABCD से प्रकट होता है। तुम देखते हो कि किरण prism के भीतर से होकर जाने में झुक जाती है और जब यह कांच में से बाहर निकल आती है तो यह एक और दूसरे रास्ते से चलती है जो prism के आधार (base) की तरफ़ झुका हुआ है। Incident ray और emergent ray की दिशाओं के बीच का कोण EFC, *angle of deviation* कहलाता है। जो आकृति तुमने बनाई है उस से कांच का refractive index निकालो।

उन्नतोदर ताल

काच का एक ऐसा छोटा टुकडा जिस के दोनों ओर गोले के आकार के धरातलों से बने हुए होते हैं ताल या *lens* कहलाता है। अध्यापक तुम्हे कुछ lenses दिखायेंगे। Lens का अक्ष (*axis*) वह सरल रेखा है जो इसके दोनों धरातलों के मध्य विन्दुओं से होकर जाती है। उन्नतोदर ताल या *convex lens* ऐसे lens को कहते हैं जो अपने axis पर सब से अधिक मोटा होता है।

प्रयोग ६२—यह दिखाना कि जो समानान्तर किरण उन्नतोदर ताल पर पडती हैं वह एक विन्दु पर मिलती (converge) हैं।

सूरज पृथिवी से इतनी अधिक दूरी पर है कि उसकी किरण जब पृथिवी पर पहुचती हैं तो उनको हम समानान्तर कह सकते हैं।

एक उन्नतोदर ताल को इस तरह पकडो कि सूरज की किरण उस से होकर निकले। दफ्ती के एक परदे को तुम ऐसी जगह पर ला सकोगे जहा कि उस पर सूरज का एक स्पष्ट प्रतिविम्ब पड सके। जिस विन्दु पर यह प्रतिविम्ब पडता है उसे lens का *principal focus* कहते हैं। जब परदे पर सूरज का स्पष्ट प्रतिविम्ब पडे तो अपने साथी को

सहायता से lens और परदे के बीच की दूरी को नाप लो। इस दूरी को lens की *focal length* कहते हैं।

प्रयोग ६३—किसी उन्नतोदर ताल से प्राप्त प्रतिविम्ब का स्थान ड्राइंग के द्वारा निर्णय करना।

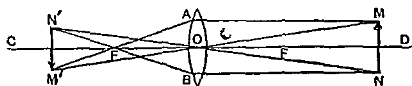
AB lens को प्रकट करने के लिये दो छोटे छोटे वृत्त के चाप खीचो। Lens का अक्ष CD खीचो और मान लो कि F उसका focus है। MN रेखा, किसी वस्तु को प्रकट करने के लिये खीचो।

दशा १—मान लो कि *MN*, *lens* से उसकी *focal length* की अपेक्षा अधिक दूरी पर है।

Axis को समानान्तर दिशा में आती हुई कोई किरण lens पर पड कर focus F के भीतर से होकर जायगी। इस किरण MAM′ को खीचो। इसी तरह किरण NBN′ को खीचो।

हम यह मान सकते हैं कि lens के केन्द्र के पास का थोडा सा भाग काच का एक पतला आयताकार खण्ड है। तुम जानते हो कि जब प्रकाश की कोई किरण आयताकार काच के एक खण्ड में से होकर निकलती है तो वह जिस दिशा से वास्तव में आई थी उसी दिशा के समानान्तर होकर निकलती है परन्तु एक तरफ़ कुछ हटी हुई होती है (प्रयोग ६०)। यदि यह काच का खण्ड पतला हो तो

यह किरण इतनी कम हटेगी कि इस हटने को हम बिलकुल छोड दे सकते है। इस तरह MO रेखा खीचो जिस से यह प्रकट हो कि यह एक किरण है जो lens के केन्द्र के पास गिरती है, और यह किरण lens से बाहर निकलने पर जिस दिशा में जाती है उसे मालूम करने के



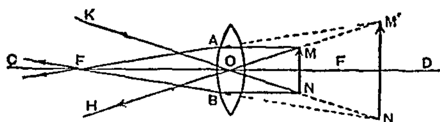
चित्र ४८

लिये MO को आगे की ओर बढा दो। AF रेखा को आगे की ओर बढाने से यह दोनों रेखाये विन्दु M' पर जा कर मिल जाती है जो कि M के प्रतिविम्ब का स्थान है। इसी तरह N के प्रतिविम्ब N' का स्थान भी निर्णय कर लो। इस तरह तुम्हें मालूम हो जायगा कि MN का प्रतिविम्ब M'N' है, यह **उल्टा और यथार्थ प्रतिविम्ब है।**

दशा २—मान लो कि *MN*, *lens* से उसकी *focal length* की अपेक्षा और अधिक निकट है।

इस चित्र से तुम्हें मालूम हो जायगा कि इस दशा में प्रतिविम्ब कैसे मिल सकता है। M' का स्थान निकालने के लिये हमें AF और MO किरणों को **पीछे की ओर** बढाना पडता है, इसी तरह N' का स्थान निकालने के

लिये हमें NO और BF किरणों को पीछे की ओर बढाना पडता है। इस दशा में प्रतिबिम्ब M'N' कल्पित और

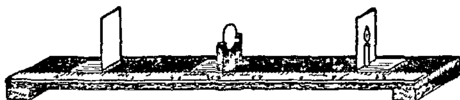


चित्र ५०

खड़ा होगा। खुर्दबीन (magnifying glass) के भीतर से देखने पर हमें इसी प्रकार का प्रतिबिम्ब दिखाई पडता है।

प्रयोग ६४—किसी उन्नतोदर ताल से प्राप्त प्रतिविम्ब का स्थान प्रयोग के द्वारा निकालना।

एक slit लो और उसके पीछे मोमबत्ती रक्खो और एक lens और परदा लो। Slit को परदे से इतनी दूरी पर रक्खो कि उस पर एक स्पष्ट प्रतिविम्ब पडे। Slit को



चित्र ५१

भिन्न भिन्न स्थानों पर रख कर इस प्रयोग को दोहराओ। प्रत्येक दशा में lens से slit की दूरी u को और lens से परदे की दूरी v को नाप लो और फलों को अपने note book में लिख लो। अब u और v के मानों के साथ साथ

$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}$ का मान भी प्रत्येक दशा में निकालते रहो। इससे तुम को मालूम होगा कि slit के सब स्थानों के लिये फल बराबर एकही होगा। यदि u बहुत बडा हो (अर्थात् यदि slit ताल से इतनी अधिक दूर हो जाय कि वहा से जो किरणें ताल पर पडती हैं वह परस्पर समानान्तर हों) तो $\frac{1}{u}$ का मान बहुत कम हो जाता है और शून्य के बराबर समझा जा सकता है। इस दशा में प्रतिबिम्ब principal focus पर बनता है और $v=f$ इसलिये यदि वह वस्तु दूर रहे तो $\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$ परन्तु चूकि $\frac{1}{u}+\frac{1}{v}$ का मान slit के सब स्थानों ही के लिये स्थिर है, इसलिये $\frac{1}{f}$ अवश्य इस राशि का मान होगा और सब स्थानों के लिये हम यह लिख सकते है कि

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

अभ्यास ८

(१) काच के prism में से होकर जो प्रकाश की किरण निकलती है उसके रास्ते को चिह्नित करो जब कि angle of incidence 45° है और prism का कोण 60° है और काच का refractive index $\frac{3}{2}$ है।

(२) किसी prism के एक धरातल पर उसके साथ 45° का कोण बनाती हुई एक किरण पडती है। यदि prism

का प्रत्येक कोण 60° हो और उसके काच का index of refraction 1 6 हो, तो ड्राइंग के द्वारा उस कोण का निर्णय करो जो कि बाहर निकलती हुई किरण prism के दूसरे तरफ़ से निकलते समय उस तरफ़ के धरातल के साथ बनाती है, angle of deviation को भी निर्णय करो।

(३) यदि 45° शीर्ष कोण (vertical angle) के एक काच के prism (refractive index = 1 5) के धरातलों में से किसी एक पर 45° के कोण में एक किरण आकर पडती हो तो इस किरण में यह prism के द्वारा जो deviation पैदा हो जाता है उसे ड्राइंग के द्वारा निकालो।

(४) निम्नलिखित दशाओं में एक उन्नतोदर ताल के सामने रक्खी हुई किसी वस्तु के प्रतिबिम्ब की स्थिति और दशा ड्राइंग के द्वारा निर्णय करो '

१—Focal length, 10 cm , ताल से वस्तु की दूरी, 20 cm
२— ,, ,, 15 cm , ,, ,, 35 cm
३— ,, ,, 20 cm , ,, ,, 10 cm

(५) निम्नलिखित फलों से एक ताल का focal length हिसाब लगा कर निकालो $u = 15$ cm , $v = 30$ cm

(६) निम्नलिखित दशाओं में एक उन्नतोदर ताल से बने हुए प्रतिबिम्ब की स्थिति हिसाब लगा कर निकालो :

१—Focal length 30 cm , ताल से वस्तु की दूरी 40 cm
२— ,, ,, 20 cm , ,, ,, 45 cm
३— ,, ,, 10 cm , ,, ,, 20 cm

(७) 10 cm ऊंची एक वस्तु 30 cm focal length के एक convex lens के सामने उसके principal axis में 40 cm की दूरी पर रक्खा गया है। डाइग के द्वारा बताओ कि वह वस्तु और उसके प्रतिविम्ब की ऊंचाइयों में क्या अनुपात होगा और इस तरह सिद्ध करो कि यह अनुपात वही होता है जो कि लान्स से उनकी दूरियों में होता है।

(८) 20 cm focal length के एक lens के सामने 15 cm की दूरी पर एक वस्तु रक्खी हुई है। इसका प्रतिविम्ब कहां बनेगा? अपने उत्तर में ऋणात्मक चिह्न के आने का कारण समझाओ।

(९) तुम्हें 30 cm focal length का एक convex lens दिया जाता है। इस से कितनी दूरी पर एक वस्तु रक्खी जाय कि उसका एक यथार्थ प्रतिविम्ब वस्तु से तिगुना बडा पडे? रेखा चित्र के द्वारा (graphically) अपने उत्तर को जाच करो।

(१०) जब एक convex lens किसी लैम्प से 2 ft की दूरी पर रक्खा जाता है तो उसकी शिखा का एक स्पष्ट प्रतिविम्ब लैम्प से 8 ft को दूरी पर के एक परदे पर पडता है। अब हिसाब लगा कर यह बताओ कि lens से कितनी दूरी पर इस से सूरज का एक प्रतिविम्ब बनेगा।

ग्यारहवां अध्याय

चुम्बकत्व

चुम्बक (*magnets*)—बहुत प्राचीन काल में चुम्बक या magnet का नाम कच्चे लोहे के ऐसे टुकडों के लिये प्रयोग किया जाता था जिन में लोहे के टुकडों के आकर्षित करने का गुण रहता था। अध्यापक तुम्हें ऐसे कच्चे लोहे का एक टुकडा दिखायेंगे और इसकी लोहे के चूर को आकर्षित करने की शक्ति की परीक्षा करेंगे।

इस कच्चे लोहे में एक और विशेष गुण है, तागे के सहारे लटकाने पर यह आप से आप इस तरह घुम जायगा कि इसका एक सिरा लगभग उत्तर और दूसरा दक्षिण की ओर हो जाता है। इस पदार्थ का यह गुण प्राचीन काल में भी लोगों को मालूम था और इसकी सहायता से मल्लाह अपने जहाजों को जिस दिशा में ले जाना होता था ले जा सकते थे और इसी लिये वह इस पत्थर को *lodestone* कहते थे। (इसका कारण यह है कि इस शब्द का पहिला भाग एक पुराना अङ्गरेजी शब्द से निकला है जिसका अर्थ भ्रमण का है)।

प्राकृतिक चुम्बकों की अपेक्षा बहुत अच्छे अच्छे चुम्बक कृत्रिम उपायों से बनाये जा सकते हैं। लोहे या फ़ौलाद के ऐसे टुकडे जिन में दूसरे लोहे या फ़ौलाद के टुकडों को आकर्षित करने का गुण होता है कृत्रिम चुम्बक कहलाते

हैं। कृत्रिम चुम्बक साधारणत: दो प्रकार के होते हे, एक सीधा जिसे *bar magnet* कहते हैं और दूसरा झुका हुआ जिसे *horse-shoe magnet* कहते है। अध्यापक तुम्हें इनमें से प्रत्येक प्रकार के चुम्बक दिखायेगे।

प्रयोग ६५—चुम्बक की आकर्षण शक्ति की परीक्षा करना।

एक कागज के तख्ते पर कुछ लोहे का बुरादा रख दो और उसमें एक सीध या झुके हुए चुम्बक को इधर उधर ले जाओ। Magnet को हटा लो और चिपके हुए बुरादे के साथ इसका एक चित्र बनाओ। चुम्बक के जिन भागों में आकर्षण शक्ति सब से अधिक होती है उनको चुम्बक के ध्रुव (*poles*) कहते है। तुम अपने प्रयोग से यह देखोगी कि यह ध्रुव चुम्बक के सिरों के पास होते हे, परन्तु हम साधारणत चुम्बक के सिरों को ही इसके ध्रुव कहते हैं।

लोहे के बुरादे की जगह लकडी का बुरादा, ताम्बे का बुरादा, रेत और कागज के छोटे छोटे टुकडे लेकर इस प्रयोग को दोहराओ। क्या फल निकलता है ?

प्रयोग ६६—यह निर्णय करना कि हवा के अतिरिक्त अन्य पदार्थों मे से भी चुम्बकीय आकर्षण हो सकता है या नही।

एक ताम्बे के सिक्के पर कुछ लोहे का बुरादा फैला दो।

सिक्के को एक हाथ के अंगुलियों से पकडो और दूसरे हाथ से एक bar magnet लेकर उसके सिरे को सिक्के के नीचे इधर उधर ले जाओ। क्या ताम्बे में से आकर्षण होता है? काच, टिन और लोहे के लिये भी इसी प्रश्न का उत्तर दो।

प्रयोग ६७—यह निर्णय करना कि चुम्बक तागे से लटकाये जाने पर क्या करता है।

कागज की रकाब और तागे* के द्वारा (जैसा चित्र में दिखाया गया है) एक bar magnet को एक लकडी के



चित्र ५२

stand से लटका दो। यह देख लो कि लोहे की और कोई वस्तु (जैसे retort stand आदि) चुम्बक के पास

---

* नोट—सब से उत्तम तागा बिना काता हुआ रेशम होगा क्योंकि इसमें बल खाने की शक्ति नहीं होती है। यदि साधारण तागा काम में लाया जाय तो तागे के बल खाकर नाचने से चुम्बक की गति में अन्तर पड जाता है, अर्थात् सुगमता से घूमने नहीं पाता। इस लिये यदि तुम साधारण तागा काम में लाओ तो पहिले उसके सिरे पर एक पीतल का इतना भारी टुकडा बांध कर लटका दो जितना कि चुम्बक भारी हो, ताकि उसका बल खाना बिलकुल बन्द हो जाय, और फिर चुम्बक को काम में लाओ।

न हो। चुम्बक को स्थिर होकर एक जगह पर आ जाने दो। देखो कि अन्त में यह एक ऐसी जगह पर आकर स्थिर हो जाता है जहां इसका एक सिरा उत्तर और दूसरा दक्षिण की ओर रहता है। चुम्बक को अपनी जगह से दूसरी ओर घुमा दो, देखो कि यह फिर अपनी उसी जगह पर चला जायगा। जो सिरा उत्तर की ओर है उसे इस तरह घुमा दो कि वह दक्षिण की ओर हो जाय और देखो कि वह फिर घूम कर उत्तर की ओर हो जायगा।

सिद्धान्त

इस प्रयोग से हम देखते है कि चुम्बक के दो सिरों के भिन्न भिन्न गुण है, जब चुम्बक तागे से लटका दिया जाता है तो एक सिरा बराबर उत्तर ही की ओर और दूसरा सिरा दक्षिण की ओर रहता है। पहिले सिरे को चुम्बक का **उत्तरी ध्रुव** (*north pole*) और दूसरे को **दक्षिणी ध्रुव** (*south pole*) कहते हैं। ऊपर के प्रयोग में काम में लाये हुए चुम्बक के उत्तरी ध्रुव मे एक छोटा कागज का टुकडा चिपका दो जिस से यह स्मरण रहे कि यह सिरा इसका उत्तरी ध्रुव है।

प्रयोग ६८—चुम्बकीय आकर्षण और विकर्षण।

(*magnetic attraction and repulsion*)

एक दूसरा bar magnet लो और कागज की रकाब पर लटका कर देखो कि उसका कौन सा सिरा उत्तरी ध्रुव है;

उस तरफ़ निशान लगा दो। जब चुम्बक स्थिर हो जाय तो इसके उत्तरी ध्रुव के निकट (प्रयोग ६७ में काम में लाये हुए) पहिले चुम्बक के उत्तरी ध्रुव को लटकाये हुए चुम्बक के पूर्व या पश्चिम की ओर से धीरे धीरे लाओ। देखो कि लटकाया हुआ चुम्बक आकर्षित होता है या विकर्षित होता है। अब (१) लटकाये हुए चुम्बक के उत्तरी ध्रुव के निकट पहिले चुम्बक के दक्षिणी ध्रुव को लाकर (२) लटकाये हुए चुम्बक के दक्षिणी ध्रुव के निकट पहिले चुम्बक के उत्तरी ध्रुव को लाकर और (३) लटकाये हुए चुम्बक के दक्षिणी ध्रुव के निकट पहिले चुम्बक के दक्षिणी ध्रुव को लाकर इस प्रयोग को दोहराओ। देखो कि इनमें से प्रत्येक दशा में आकर्षण होता है या विकर्षण।

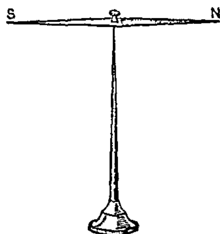
सिद्धान्त

दो एक जातीय ध्रव एक दूसरे को विकर्षित करते है,
दो भिन्न जातीय ध्रुव एक दूसरे को आकर्षित करते है।

चुम्बकीय सूई (*The magnetic needle*)—चुम्बक को लटकाने के बदले हम उसे एक बारीक नोक के सहारे से भी रख सकते है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

यह छोटा चुम्बक जिसे **चुम्बकीय सूई** कहते है अपने मध्य भाग में सब से अधिक चौडा होता है जहा एक छोटी सी प्याली बनी रहती है जो भीतर की ओर agate से मढी हुई होती है, इसी प्याली के कारण यह सूई पतली

नोक के stand पर रह सकती है। चुम्बकीय सूई के उत्तरी ध्रुव में निशान लगा रहता है ताकि वह दक्षिणी



चित्र ५२

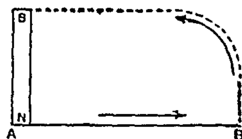
ध्रुव से तुरन्त पहिचान लिया जा सके। अध्यापक तुम्हें इस तरह रक्खी हुई एक चुम्बकीय सूई दिखायेंगे।

प्रयोग ६६—चुम्बक बनाना।

(१) एक स्पर्श द्वारा (*By single touch*)—घडी की कमानी का एक टुकडा AB लो। मान लो कि इस कमानी के टुकडे का हम एक ऐसा चुम्बक बनाना चाहते है कि उसका उत्तरी ध्रुव A पर और दक्षिणी ध्रुव B पर हो।

घडी की कमानी के टुकडे को दोनों सिरों पर नरम लाख लगा कर वेञ्च में चिपका दो। एक bar magnet के उत्तरी ध्रुव को कमानी के टुकडे से लगाते हुए A सिरे से B सिरे तक ले जाओ। Bar magnet को उठा कर फि-

A सिरे पर लाओ और इसी तरह इसे दस बार फेरो। जो सिरा फेरा जाता है उसका मार्ग चित्र में एक बिन्दुदार

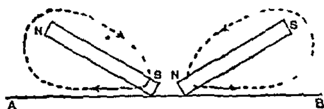


चित्र ५४

रेखा और तीरों के चिह्न द्वारा दिखाया गया है। कमानी को उलट लो और दूसरी तरफ़ A से B तक bar magnet के उत्तरी ध्रुव को फेरते रहो। अब चुम्बकीय सूई के द्वारा परीक्षा करके देखो कि A और B पर किस प्रकार के ध्रुव बन गये हैं। चुम्बक बनाने की इस रीति को *method of single touch* कहते हैं।

(२) **उभय स्पर्श द्वारा** (*By double touch*)। फिर मान लो कि हमें घड़ी की कमानी के एक टुकड़े का एक ऐसा चुम्बक बनाना है कि उसका A सिरा उत्तरी ध्रुव और B दक्षिणी ध्रुव हो जाय। नरम लाख से कमानी के टुकड़े के हर एक सिरे को मेज़ से चिपका दो। अपने दोनों हाथों में दो bar magnets इस तरह पकड़ो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है ताकि एक चुम्बक का उत्तरी ध्रुव जो कि B सिरे की ओर रहना चाहिये और दूसरे का दक्षिणी ध्रुव जो कि A सिरे की ओर रहना चाहिये,

कमानी के टुकड़े के मध्यभाग के निकट रहे। अब दोनों चुम्बकों को कमानी के साथ ठीक उसी कोण में जैसा कि चित्र में दिखाया गया है भुका कर क्रमश A और B सिरों



चित्र ५५

की ओर एक ही साथ खींच लो। विन्दुदार रेखाओं के रास्ते से जैसा चित्र में दिखाया गया है चुम्बकों को उठा कर फिर कमानी के बीच में लाओ जहां से पहिले आरम्भ किया था। इस क्रिया को दस बार दोहराओ।

कमानी को उलट कर दूसरी तरफ़ पर इस क्रिया को दोहराओ। इस कमानी को चुम्बकीय सूई से परीक्षा करके देखो कि A और B पर किस प्रकार के ध्रुव बन गये हैं। चुम्बक बनाने की इस रीति को *method of double touch* कहते हैं।

प्रयोग ७०—चुम्बक की शक्ति का नष्ट करना।

प्रयोग ६८ (१) में जो घड़ी की कमानी के टुकड़े का चुम्बक बनाया था उसकी चुम्बकीय शक्ति की परीक्षा एक चुम्बकीय सूई से करो। चुम्बकमय कमानी को बेंच पर कई बार गिराओ और इधर उधर भुकाओ। फिर चुम्बकीय

सूई से इसकी परीक्षा करो। तुम देखोगे कि इसकी चुम्बकीय शक्ति पहिले से कम हो गई है। इस प्रयोग से तुम को यह मालूम हो गया होगा कि किसी चुम्बक को हाथ से न गिराना चाहिये या और किसी तरह से असावधानता के साथ व्यवहार न करना चाहिये।

प्रयोग ६८ (२) में जो कमानी के टुकडे का चम्बक बनाया गया था उसकी चुम्बकीय शक्ति की परीक्षा चुम्बकीय सूई से करो। अब इस कमानी को एक चिमटे से पकड लो और आग पर रख कर इतना गरम कर दो कि वह लाल हो जाय। जब कमानी ठंढी हो जाय तो उसे फिर चुम्बकीय सूई से परीक्षा करो, तुम देखोगे कि उसकी चुम्बकीय शक्ति को तुमने नष्ट कर दिया है।

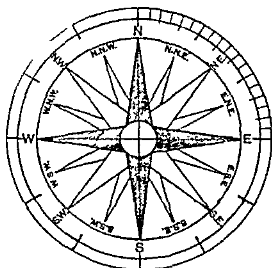
पृथिवी एक चुम्बक के सदृश है।

तुमने प्रयोग ६७ में देखा था कि किसी चुम्बक को तागे से लटका दिये जाने पर उसका एक सिरा उत्तर की ओर और दूसरा दक्षिण की ओर रहता है। जो सिरा उत्तर की ओर रहता है उसे हमने चम्बक का **उत्तरी ध्रुव** और जो सिरा दक्षिण की ओर रहता है उसे **दक्षिणी ध्रुव** कहा था।

हमने देखा था कि यद्यपि चुम्बक अपनी जगह से हटा भी दिया जाता था तथापि वह घूम जाता था और फिर उसका उत्तरी ध्रुव उत्तर की ओर और दक्षिणी ध्रुव

दक्षिण की ओर हो जाता था। इस से यह स्पष्ट विदित होता है कि पृथिवी का उत्तरी भाग चुम्बक के उत्तरी ध्रुव को और दक्षिणी भाग दक्षिणी ध्रुव को आकर्षित करता है। तुमने प्रयोग ६८ में देखा था कि एक जातीय ध्रुव एक दूसरे को विकर्षित और भिन्न जातीय ध्रुव एक दूसरे को आकर्षित करते हैं। इसलिये पृथिवी एक चुम्बक की तरह काम करती है जिसका दक्षिणी ध्रुव उत्तरी भाग में और उत्तरी ध्रुव दक्षिणी भाग में है।

दिग्दर्शन यन्त्र (*compass*) के बनाने में चुम्बक के इस गुण से काम लिया जाता है कि किसी लटकाये हुए



चित्र ५६

चुम्बक के सिरे उत्तर और दक्षिण की ओर रहते हैं। अध्यापक तुम्हें एक compass दिखायेंगे। इसमें एक गोल डफ़ी रहती है जिस के केन्द्र में एक चुम्बकीय सूई प्याली के

सहारे एक नोकीले आश्रय पर रख दी जाती है। गोल दफ़्ती रेखाओं के द्वारा कोणों में विभाजित की जाती है और इन रेखाओं के सिरों पर N (north के लिये), N W (north west के लिये) आदि अक्षर छपे हुए होते है। चुम्बकीय सूई के उत्तरी ध्रुव में पहिचानने के लिये निशान बना दिया जाता है। दिशाओं के निर्णय करने के लिये यह compass यात्रियों के बहुत काम आता है।

प्रयोग ७१—"*Compass* की दिशायें" निकालना।

अपनी बेञ्च पर कागज का एक तख़्ता पिनों के द्वारा लगा लो और कागज पर एक compass रक्खो। देख लो कि compass के आस पास कहीं लोहा या फ़ौलाद तो नहीं है, यदि हो तो उसको हटा दो। जब सूई स्थिर हो जाय तो compass को घुमाते रहो जब तक कि दफ़्ती पर का वह विन्दु जिस पर north का चिह्न लगा हुआ है सूई के उत्तरी ध्रुव के ठीक नीचे न आ जाय। कागज पर, जहां तक तुम से सम्भव हो सके शुद्धता के साथ सूई के ठीक समानान्तर एक रेखा खीचो। इस रेखा के उत्तरी सिरे पर N और दक्षिणी सिरे पर S लिख दो। ज्यौमेट्री के द्वारा E W, N W, N E, S E, और S W, दिशायें निकालो। Compass की दफ़्ती में जो दिशायें दिखाई गई है उनकी तुलना उन दिशाओं से करो जो तुम्हें अपने ड्राइंग से मिली है।

प्रश्नावली

१—कमरे की कौन कौन सी चीजें तुम्हारी जगह से दक्षिण की ओर हैं ?

२—किसी नक्शे को देख कर Calcutta, Bombay, Madras, Karachi, London, और Sydney की दिशायें, तुम से जहां तक हो सके ठीक ठीक बताओ।

प्रयोग ७२—एक उत्तर-दक्षिण (*N-S*) रेखा खींचना।

एक bar magnet के सिरों पर दो छोटे छोटे त्रिभुजाकार कागज के टुकड़े चिपका दो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। बेञ्च पर कागज का एक तख्ता पीतल के पिनों से लगा दो। Magnet को कागज की रकाब पर



चित्र ५७

रख कर एक लकड़ी के stand से तागे के द्वारा लटका दो जैसा कि प्रयोग ६७ में किया था ताकि कागज के दोनों त्रिभुज ऊपर को ओर रहें। Stand को इस तरह रक्खो कि चुम्बक कागज के तख्ते के लगभग १ इञ्च ऊपर लटकता हुआ घूमता रहे। जब चुम्बक स्थिर हो जाय तो त्रिभुजाकार कागज के टुकड़ों के सिरों के ठीक नीचे कागज के तख्ते पर दो निशान लगा दो। इन दोनों

विन्दुओं को एक रेखा से मिला दो। चुम्बक को उलट दो ताकि काग़ज के त्रिभुज नीचे की ओर हो जाय और अब इस प्रयोग को दोहराओ। कागज पर खींची हुई दोनों रेखाये सम्भवतः परस्पर नहीं मिलेंगी। इन दोनों रेखाओं से बने हुए कोण को दो बराबर भागों में विभाजित कर दो, यह अर्द्धक रेखा यथार्थ उत्तर-दक्षिण रेखा है।

प्रयोग ७३—खेल के मैदान मे एक उत्तर-दक्षिण (*N-S*) रेखा खींचना।

खेल के मैदान में किसी स्थान पर एक छडी गाड दो और तुम वही छडी के पास खडे हो जाओ। एक compass अपने हाथ में ठीक सीधा पकडो और देख लो कि सूई बिना किसी रुकावट के घूमती रहे। तुम्हारी जगह से ठीक उत्तर की ओर १० गज की दूरी पर कोई पत्थर या घास के गुच्छे के स्थान पर जो मैदान में हो ध्यान रक्खो। इस निशान को देखते हुए बराबर सीधे वहा तक चले जाओ। इसी तरह और आगे बढ जाओ यहा तक कि तुम अपनी पहिली जगह से ठीक उत्तर की ओर लगभग ५० या ६० गज चले जाओ, वहा जाकर एक दूसरी छडी गाड दो। इन दोनों छडियों को जो रेखा मिलाती है वह उत्तर-दक्षिण रेखा अर्थात् N-S रेखा है। Compass के इस प्रकार प्रयोग करके मनुष्य कुहिरे में भी अपना रास्ता मालूम करता हुआ बराबर चला जा सकता है।

बारहवां अध्याय*

घर्षण विद्युत्

प्रयोग ७४—फ़लालीन पर एक लाह बत्ती के रगड़ने का फल।

एक लाह की बत्ती को हाथ में लो और उसके पास कुछ हलकी हलकी चीजें जैसे कागज़ के टुकडे, काग या लकडी का बुरादा लाओ। क्या इन हलके पदार्थों पर कोई प्रभाव पडता है? अब लाह की बत्ती को फ़लालीन के साथ रगडो और फिर हलके पदार्थों के टुकडों के पास लाओ। हलके पदार्थों पर जो प्रभाव पडता है उसे ध्यान से देखो। बत्ती में नये गुणों का प्रादुर्भाव हो गया है। ऐसी दशा में यह कहा जाता है कि बत्ती **विद्युन्मय** (*electrified* या *charged with electricity*) हो गई है।

प्रयोग ७५—किसी विद्युन्मय डण्डी को विद्युत्हीन (discharge) करना।

विद्युन्मय डण्डी को लम्बाई की ओर से शीघ्रता के साथ एक लौ के ऊपर से ले जाओ या उस पर अपने हाथ को रगडो

---

* नोट—इस अध्याय के प्रयोगों में जो वस्तु काम में लाई जाय वह अत्यन्त सूखी होनी चाहिये। इसलिये यह अच्छा होगा कि प्रयोग करने से कोई आध घण्टा पहिले उनको धूप में रख दिया जाय ताकि बिलकुल सूख जाय।

और फिर हलके पदार्थों पर उसकी क्रिया की परीक्षा करो। देखो कि अब इसके वैद्युतिक गुण सब नष्ट हो गये हैं।

ऐसी दशा में यह कहा जाता है कि डण्डी विद्युत्हीन (discharged) हो गई है। विद्युत् के निकल जाने (discharge) के समय प्रायः चिनगारिया दिखाई देती हैं और चट चट् (crackling) का शब्द होता है। जब कि वायु में अधिक परिमान से विद्युत् का विसर्जन (discharge) होता है तो हम उस से उत्पन्न प्रकाश को बिजली (lightning) के रूप में देखते हैं और उस से उत्पन्न शब्द को बादल की गरज (thunder) के रूप में सुनते हैं।

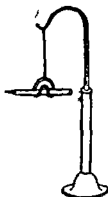
फ़लालीन या समूर (जैसे बिल्ली का समूर) पर रगडे हुए लाह, एबोनाइट (ebonite) या गन्धक की डण्डिओं को और रेशम पर रगडे हुए कांच की एक डण्डो को भी लेकर प्रयोग ७४ और ७५ को दोहराओ।

प्रयोग ७६—परस्पर आकर्षण।

(१) मोटे तार की एक रकाब बना कर उसे एक रेशम के तागे से लटका दो जो कता हुआ न हो।

रकाब में एक पेन्सिल रख दो। एक ebonite की डण्डी को फ़लालीन के साथ रगडो और उसे पेन्सिल के एक सिरे के पास एक तरफ़ से इस तरह लाओ कि एक दूसरे से छ न जाय। Ebonite की डण्डी के बदले एक काच की

डण्डी लो और उसे रेशम के साथ रगड कर इस प्रयोग को दोहराओ। देखो कि पेन्सिल आकर्षित होती है।



चित्र ५८

(२) Ebonite की डण्डी को पहिले की तरह रगड कर रकाब पर रक्खो। रगडी हुई डण्डी के पास पेन्सिल के सिरे को लाओ। क्या डण्डी आकर्षित होती है? Ebonite की डण्डी के बदले एक कांच की डण्डी लो और उसे रेशम से रगड कर इस प्रयोग को दोहराओ।

सिद्धान्त

इन प्रयोगों से तुम देखते हो कि जब एक विद्युन्मय डडी (electrified rod) किसी दूसरे पदार्थ को आकर्षित करती है तो वह आकर्षण पारस्परिक (mutual) होती है अर्थात् दोनों पदार्थ एक दूसरे को आकर्षित करते हैं। इन दोनों वस्तुओं के बीच में किसी प्रकार की एक शक्ति है जैसे कि एक चुम्बक और एक लोहे के टुकडे के बी

होती है, और वैद्युतिक आकर्षण चुम्बकीय आकर्षण की तरह आकाश (space) में से होकर अपना प्रभाव डालता है।-

प्रयोग ७७—दो प्रकार की विद्युत्।

(१) एक काच की डंडी को उसकी कुल लम्बाई पर रेशम से खूब अच्छी तरह रगडो। अब इस डंडी को रकाब पर रख कर एक stand पर से लटका दो। ऐसा करने में काच की डंडी को आवश्यक से अधिक छूना नहीं चाहिये। Ebonite की डंडी को फ़लालीन से रगडो और उसे लटकी हुई काच की डंडी के पास एक तरफ़ से लाओ। जो **आकर्षण** होता है उसे ध्यान से देखो।

(२) अब ebonite को विद्युन्मय डंडी को लटका कर और काच की विद्युन्मय डंडी को हाथ में लेकर इस प्रयोग को दोहराओ। इसका फल फिर **आकर्षण** होता है।

(३) अब काच की दो ऐसी डंडियों को लेकर इस प्रयोग को दोहराओ जो रेशम से रगडी हुई हों। इसका फल **विकर्षण** होता है।

(४) और और डंडियों को लेकर इस प्रयोग को दोहराओ। अपनी note book में नीचे दिये हुए नक्शे को नकल करो और खाली खानों को भरो, तुम्हें पहिले यह मालूम करना है कि किसी पडी पंक्ति के सिरे पर जो पदार्थ का नाम लिखा हुआ है वह किसी खडी पंक्ति में सबसे ऊपर लिखे हुए पदार्थ को लटकाये जाने पर

आकर्षित या विकर्षित करता है, और फिर इससे जो कुछ फल निकले उसको उस खाने में लिख दो जहां यह पंक्तियां एक दूसरे को काटती हैं।

	रेशम से रगड़ा हुआ काच	फलालीन से रगड़ा हुआ Ebonite	फलालीन से रगड़ा हुआ लाह	फलालीन से रगड़ा हुआ गन्धक
रेशम से रगड़ा हुआ काच	विकर्षण	आकर्षण		
फलालीन से रगड़ा हुआ Ebonite	आकर्षण			
फलालीन से रगड़ा हुआ लाह				
फलालीन से रगड़ा हुआ गन्धक				

इन प्रयोगों से तुम देखते हो कि विद्युत दो प्रकार की होती है। जब काच रेशम से रगड़ा जाता है तो यह कहा जाता है कि काच में धनात्मक या धन विद्युत् (*positive charge*) है, जब ebonite, लाह या गन्धक फलालीन से रगड़ी जाती है तो यह कहा जाता है

कि रगडे हुए पदार्थ में ऋणात्मक या ऋण विद्युत् (*negative charge*) है।

सिद्धान्त

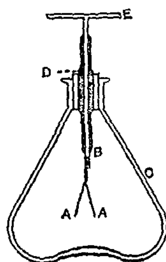
ऊपर के प्रयोगों से जो सिद्धान्त निकलते हैं उन्हें हम इस तरह लिख सकते हैं :—

(१) कोई विद्युन्मय वस्तु, चाहे वह धन विद्युत् से विद्युन्मय हुआ हो या ऋण विद्युत् से, सदा ऐसी वस्तु को आकर्षित करेगी जिस में किसी प्रकार की भी विद्युत् नहीं है (प्रयोग ७४ और ७६ (१))।

(२) जिन वस्तुओं में **एक जातीय** (like) विद्युत् होती है वह एक दूसरे को विकर्षित करती है और जिन वस्तुओं में **भिन्न जातीय** (unlike) विद्युत् होती है वह एक दूसरे को आकर्षित करती है (प्रयोग ७७)।

ऊपर के प्रयोगों में जो पदार्थ काम में लाये गये है और जिन पर वह रगडे गये हैं वह इस लिये चुने गये थे कि उनसे फल बहुत स्पष्ट मालूम होते हैं। परन्तु प्राय: बहुत से पदार्थ घर्षण के द्वारा विद्युन्मय किये जा सकते हे , किसी पदार्थ में विद्युत् का धनात्मक होना या ऋणात्मक होना उस पदार्थ की प्रकृति पर और उसे रगडनेवाली वस्तु की प्रकृति पर निर्भर होता हे।

विद्युद्दर्शक (Electroscope) एक यन्त्र है जिस के द्वारा हम सुगमता से यह मालूम कर सकते हैं कि कोई वस्तु विद्युन्मय है या नहीं और यह भी बता सकते हैं कि उसकी विद्युत् की मात्रा में क्या परिवर्त्तन हुआ है। इस चित्र में इस यन्त्र का एक उपयोगी रूप का section दिखाया गया है। धातु के एक मोटे तार B के सिरे से सोने के वर्क की



चित्र ५८

दो पतली पट्टिया A लटकाई हुई हैं। पट्टियों को हवा से बचाने के लिये काच की एक बोतल C के भीतर रख दिया गया है। पाराफ़ीन मोम या ebonite की बनी हुई एक डाट D के भीतर से होकर तार जाता है और उसके ऊपर के सिरे पर एक धातु का गोल टुकड़ा E लगा हुआ रहता है जिसे विद्युद्दर्शक की टोपी (*cap*) कहते हैं।

प्रयोग ७८—विद्युद्दर्शक को *conduction* के द्वारा विद्युन्मय करना।

एक ebonite की डंडी को फ़लालेन से रगडो और उसे electroscope की टोपी के निकट लाओ। पट्टिया अलग अलग (diverge) हो जायगी। यदि वह बहुत फैल जाय तो कुछ देर तक ठहर जाओ जब तक कि वह एक दूसरे से ६०° का कोण तक न गिर जाय। तब electroscope के cap पर डंडी को धीरे धीरे रगड कर हटा लो। पट्टिया अलग अलग ही रहती है, उन्हें डंडी से ऋण विद्युत् मिल गई है और चूंकि इन दोनों को एकही प्रकार की विद्युत् मिली है इस लिये यह एक दूसरे को विकर्षित करती है। टोपी को अपनी उगली से क्षण भर के लिये छूकर electroscope को discharge कर दो।

इसी तरह cap को रेशम से रगडी हुई एक काच की डंडी से छूकर electroscope को धन विद्युत् से विद्युन्मय करो।

सिद्धान्त

धन विद्युत् और ऋण विद्युत् दोनो एक वस्तु से दूसरी वस्तु में जा सकती हैं।

प्रयोग ७६—किसी डण्डी मे किस प्रकार की विद्युत् है *electroscope* के द्वारा मालूम करना।

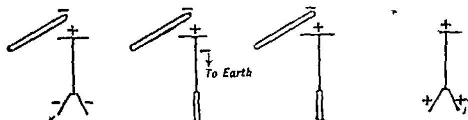
Electroscope को छूकर ऋण विद्युत् से charge कर दो। इसकी टोपी के पास (१) धन विद्युन्मय एक डंडी, (२) ऋण विद्युन्मय एक डडो लाओ। Electroscope की पट्टियों पर हर एक दशा में क्या प्रभाव पडता है देखो। पहिली दशा में यह एक दूसरे से मिल जाती है और दूसरी में वह एक दूसरे से और अलग हो जाती है। इस तरह यदि हमें यह मालूम हो कि electroscope में किस प्रकार की विद्युत् है तो हम electroscope के पास किसी विद्युन्मय डडी को लाकर यह बता सकते हैं कि उस डडी में किस प्रकार की विद्युत् है।

प्रयोग ८०—विद्युद्दर्शक को *induction* के द्वारा विद्युन्मय करना।

एक ebonite की डडी को फलालीन से रगडो और रगडी हुई डडी को धीरे धीरे ऊपर की ओर से electroscope की टोपी के पास लाओ जब तक कि पट्टिया फैल कर एक दूसरे के साथ ६०° का कोण न बना लें। टोपी के पास डडी को हाथ में लिये रहो और उसी हालत में टोपी को क्षण भर के लिये अपनी उगली से छू लो। पहिले अपनी उगली को हटा लो और फिर डडी को

हटा लो। पट्टिया फैली हुई रहेंगी जिस से यह मालूम होता है कि वह विद्युन्मय हैं।

जब किसी एक विद्युन्मय पदार्थ किसी दूसरे पदार्थ को बिना छूकर भी विद्युन्मय करता है तो यह कहा जाता है कि विद्युत् ग्रहण करनेवाला पदार्थ *induction* के द्वारा *charged* हो गया है और उसमें जो विद्युत् का प्रादुर्भाव हुआ है वह *induced charge* कहलाती है। इस प्रयोग में पट्टियों पर की विद्युत् induced charge है।



चित्र ६०

Electroscope में यह induced charge किस तरह आ गई है? इस प्रश्न का उत्तर नीचे दिया जाता है, जब कि डंडी electroscope के पास लाई गई थी तो उस पर की ऋण विद्युत् electroscope की टोपी पर की धन विद्युत् को आकर्षित की थी और ऋण विद्युत् को विकर्षित की थी। यह ऋण विद्युत् जितनी दूर इस से हो सका उतनी दूर तक चली गई अर्थात् पट्टियों तक पहुच गई जो इस लिये फैल गई थी, परन्तु जब तुम ने टोपी पर अपनी उगली रक्खी थी तो यह ऋण विद्युत् तुम्हारे शरीर

के भीतर से होकर और दूर अर्थात् पृथिवी में जा सकती थी और इस लिये पट्टिया मिल गई थी। इस तरह टोपी को तुम्हारी उगली से छूने के पीछे electroscope में केवल धन विद्युत् रह गई थी। जब तक तुम ने डडी को टोपी के पास पकड रक्खा था तब तक यह धन विद्युत् डंडी पर की ऋण विद्युत् से आकर्षित होकर रुकी हुई थी और इस लिये पट्टिया फैली न थी। जब तुम ने डडी को हटा लिया तो electroscope पर की धन विद्युत् सब जगह अर्थात् टोपी, डडी और पट्टियों पर फैल गई और इस लिये पट्टिया फिर फैल गई थी।

प्रयोग ८१—सञ्चलन शक्ति (*conducting properties*) की परीक्षा करना।

(१) Electroscope को charge करो और उसे हाथ में पकडे हुए एक धातु से क्षण भर के लिये छू दो। देखो सोने की पत्तिया एक दूसरे से बिल्कुल मिल जाती हैं, विद्युत् धातु में से होकर बाहर निकल गई है। धातु और ऐसे पदार्थ जिन में से होकर विद्युत् गुजर जाती है **उत्तम सञ्चालक** (good conductors) कहलाते है।

(२) फ़लालोन लेकर इस प्रयोग को दोहराओ। इस दशा में कुछ भी परिवर्त्तन नही होता है और यदि होता भी है तो बहुत ही थोडा। फ़लालीन को electroscope की टोपी के साथ लगाकर कुछ देर तक रख दो। देखो कि

पत्तिया एक दूसरे से मिल जाती है, इस से मालूम हुआ कि विद्युत् धीरे धीरे निकल गई है। फ़लालीन और ऐसे पदार्थ जिनमें से विद्युत् सुगमता से नही गुजर सकती **अधम सञ्चालक** (*poor conductors*) कहलाते है।

(३) Ebonite लेकर इसी प्रयोग को दोहराओ। इसे टोपी के साथ लगाकर चाहे थोडी या अधिक देर तक रक्खो, तथापि पट्टियो में कुछ भी परिवर्त्तन नही होता है। इस से मालूम होता है कि विद्युत् इसमे से होकर नही निकली। Ebonite और इसी प्रकार के अन्य पदार्थ **अवरोधक** (non conductors या insulators) कहलाते है।

निम्नलिखित पदार्थों की परीक्षा करो काच, गन्धक, लाह और लकडी की डण्डिया, सूती वस्तु, रेशमी वस्तु और कागज और सूखे कोयले, स्लेट, रबड और पत्थर के टुकडे। जिन वस्तुओ की तुमने परीक्षा की है उन्हे उत्तम चालक, अधम चालक और अवरोधक में विभक्त करके एक नामावली बनाओ।

प्रश्न

Electroscope की बोतल के ढकने की परीक्षा करो। यह ढकना किस पदार्थ का बना हुआ है? उसके बनाने में इस पदार्थ का प्रयोग क्यों किया जाता है?

तेरहवां अध्याय

चल विद्युत्

प्रयोग ८२—यह देखना कि किन किन दशाओं मे जस्ते पर गन्धकाम्ल की क्रिया हो सकती है।

तुम्हें कुछ dilute sulphuric acid (१ भाग acid और लगभग १० भाग पानी) दिया जाता है।

(१) इसमें से थोडा सा acid एक छोटे beaker में उंडेलो। इस acid में एक मामूली जस्ते का टुकडा डाल दो जो बाजार में मिलता है। देखो कि gas के बुलबुले उठते है। तुम जानते हो कि यह गैस hydrogen है (देखो प्रयोग २६)।

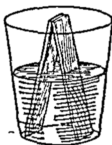
(२) शुद्ध जस्ता लेकर इस प्रयोग को दोहराओ। क्या कोई gas के बुलबुल उठते है ?

(३) Amalgamated zinc* लेकर इस प्रयोग को दोहराओ। Gas के बुलबुल उठते हैं ?

---

* नोट—Amalgamated zinc बनाने के लिये बाज़ारी जस्ते के चादर का एक टुकड़ा dilute sulphuric acid में डाल दो, कुछ देर तक इस पर क्रिया हो जाने के पीछे इसे निकाल लो, फिर इस पर थोड़ा सा पारा छोड़ दो और एक कपड़े के टुकडे से जस्ते पर इस पारे को रगडे जाओ जब तक कि इस पर चांदी की तरह चमक न आ जाय। जस्ता पारे में घुल जाता है परन्तु

(४) शुद्ध या amalgamated जस्ते के चादर का एक टुकडा और तांबे के चादर का एक टुकडा dilute sulphuric acid में डाल दो और देखो कि यह एक दूसरे से छू न



चित्र ६१

जाय। क्या इन दोनों में से किसी धातु से कोई gas निकलती है? अब तांबे को acid के बाहर जस्ते से लगाकर रक्खो जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। देखो तांबे के पत्तर से gas निकल रही है।

Acid की क्रिया तांबे पर हो रही है या जस्ते पर? इस प्रश्न के उत्तर देने के लिये नीचे लिखे हुए प्रयोग को करो

(५) तांबे और जस्ते के टुकडों को acid में से बाहर निकाल लो। इनको धोकर साफ़ करो और सुखा कर तोल लो। इनको फिर acid में डाल दो और acid के

उनके मैल आदि नहीं घुलते हैं वरन् पारे से केवल ढके हुए रहते हैं। इसलिये जब amalgamated जस्ता acid में डाला जाता है तो acid की क्रिया पारे में घुसे हुए जस्ते पर होती है परन्तु उसके मैल आदि पर, पारे से ढके हुए रहने के कारण acid की क्रिया कुछ भी नहीं होती है। इसलिये amalgamated जस्ता acid में ठीक शुद्ध जस्ते की तरह काम करता है।

बाहर एक दूसरे से लगाकर रक्खो। अब जो क्रिया आरम्भ होती है उसे लगातार १५ मिनट तक चलने दो। तावे और जस्ते के टुकड़ो को निकाल कर धो डालो और सुखा कर तोल लो। देखो कि जस्ते की मात्रा पहिले से कम हो गई है परन्तु तावे की मात्रा में कोई अन्तर नही हुआ है।

इन प्रयोगों से निकले हुए सिद्धान्त

१—Dilute sulphuric acid की रासायनिक क्रिया बाजारी जस्ते पर होती है परन्तु शुद्ध जस्ता, amalgamated जस्ता या तावे पर नही होतो है।

२—जब शुद्ध जस्ता और तावा या amalgamated जस्ता और तावा sulphuric acid में डाल दिये जाते है और उसके बाहर एक दूसरे से मिले हुए रहते है तो जस्ते पर acid की क्रिया होती रहती है।

Acid की क्रिया साधारण जस्ते पर होने का और शुद्ध जस्ते पर न होने का कारण यह है कि साधारण जस्ते में मिले हुए पदार्थो से रासायनिक क्रिया ठीक उसी तरह आरम्भ हो जाती है जैसे यह, तावे को जस्ते के साथ लगा देने से आरम्भ हो जाती है जब कि दोनों acid में रक्खे हुए होते हैं।

एक दशा में तावा और दूसरी में जस्ते के साथ मिले हुए पदार्थों ने जस्ते पर acid की क्रिया होने में किस

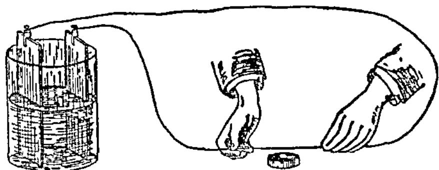
प्रकार से सहायता दी है? हम इस प्रश्न का उत्तर अच्छी तरह नहीं दे सकते है परन्तु हम यह दिखा सकते है कि यहा और भी कुछ हो रहा है जो कि निस्सन्देह इस क्रिया के साथ बहुत कुछ सम्बन्ध रखता है।

प्रयोग ८३—यह दिखाना कि जब तांबा और जस्ता दोनो *acid* मे रक्खे हुए हों तो तांबे को जस्ते से एक तांबे के तार के द्वारा मिला देने से क्या क्या बातें होती हैं।

एक बरतन में कुछ dilute sulphuric acid लो और उसमें एक तांबे और एक जस्ते का पत्तर इस तरह डाल दो कि वह एक दूसरे के निकट रहें परन्तु एक दूसरे से छू न जांय। देखो कि किसी प्रकार की क्रिया नही होती है। लगभग २ गज लम्बे एक तावे के तार के दोनों सिरों को connecting screws के द्वारा दोनों पत्तरों से बाध दो। देखो कि अब तावे के पत्तर से gas के बुलबुले निकलते है।

इस क्रिया के साथ कुछ और भी क्रिया हो रही है जिसे तुम इस तरह ज्ञात कर सकते हो। अपनी वेञ्च पर एक compass का needle रक्खो। इसे स्थिर होकर उत्तर-दक्षिण दिशा में आ जाने दो। तावे के पत्तर को निकाल लो और उसमें चिपके हुए gas के बुलबुलों को छोडा कर फिर acid में डाल दो। अपने दोनों हाथों के

बीच में तार का 6" लम्बा एक टुकड़ा लेकर compass needle के ठीक ऊपर उसकी समानान्तर दिशा में पकड़ो। देखो कि needle घूम जाती है। तार का एक सिरा खोल



चित्र ८२

लो और उसका एक हिस्सा needle के ऊपर से पकड़ो। क्या अब इससे needle पर कोई प्रभाव पड़ता है?

इससे यह स्पष्ट विदित होता है कि जब sulphuric acid में डाले हुए तांबे और जस्ते के पत्तर किसी तांबे के तार से मिला दिये जाते हैं तो उसकी दशा ठीक साधारण तार की तरह नहीं रहती है। ऐसी दशा में हम यह कहते हैं कि इस तार से **विद्युत् प्रवाह** (*electric current*) चल रहा है।

विद्युत् प्रवाह उत्पन्न करने के इस यन्त्र (अर्थात् एक बरतन में dilute sulphuric acid के भीतर डूबे हुए तांबे और जस्ते के पत्तर) को *simple voltaic cell* कहते हैं, ऐसा नाम पड़ने का कारण यह है कि सब से पहिले इस प्रकार से विद्युत् उत्पन्न करनेवाले का नाम Volta था।

प्रयोग ८४—यह दिखाना कि विद्युत् प्रवाह सदा एक नियत दिशा मे बहता है।

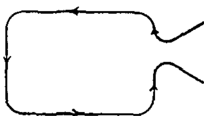
एक simple voltaic cell तैयार करो जैसा कि पिछले प्रयोग में किया था। हमने कहा है कि तार में से होकर एक विद्युत् प्रवाह चल रहा है। यह मान लिया जाता है कि विद्युत् प्रवाह एक पत्तर से दूसरे पत्तर की ओर चलता है। यदि ऐसा हो हो तो यह बहुत सम्भव जान पडता है कि यह प्रवाह compass needle के उत्तरी ध्रुव की ओर से दक्षिणी ध्रुव की ओर चलने से इसका जो प्रभाव needle पर पडता है वह उस प्रभाव से बिलकुल भिन्न होना चाहिये जो कि उस पर उसके दक्षिणी ध्रुव की ओर से उत्तरी ध्रुव की ओर प्रवाह के चलने से पडता है। वास्तव में ऐसा कोई 'अन्तर होता है या नहीं, देखने के लिये कल्पना करो कि प्रवाह तार में ताबे के पत्तर से जस्ते के पत्तर की ओर चलता है। तार को इस तरह पकडो कि :

(१)	प्रवाह	N से S	की ओर सूई के ऊपर से	चलता रहे।
(२)	,,	N से S	,, ,, नीचे	,, ,, ।
(३)	,,	S से N	,, ,, ऊपर	,, ,, ।
(४)	,,	S से N	,, ,, नीचे	,, ,, ।

प्रत्येक दशा में सूई के उत्तरी ध्रुव के घूम जाने की दिशा को (अर्थात् E या W की दिशा को) नोट करो।

प्रयोग ८५—विद्युत् प्रवाह के चुम्बकीय प्रभाव को बढ़ाना।

तुम ने पिछले प्रयोग में देखा है कि जब तार इस तरह पकड़ा गया था कि उसमें प्रवाह N से S की ओर सूई के ऊपर से चल रहा था तो सूई के घूमने की दिशा ठीक वैसी ही थी जैसी कि यह प्रवाह के S से N की ओर सूई के नीचे से चलने पर थी। इसलिये यदि हम एक तार को



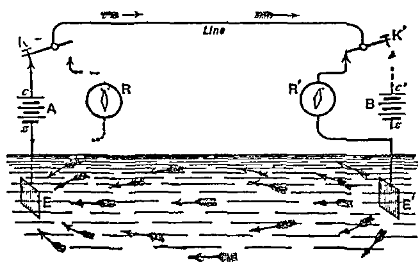
चित्र ६२

इस तरह रक्खें कि एक विद्युत् प्रवाह सूई के ऊपर से और नीचे से एकही साथ विपरीत दिशाओं में बहे तो इस दशा में इसका सूई पर प्रभाव उस दशा की अपेक्षा अधिक पड़ेगा जिस मे कि प्रवाह सूई के केवल ऊपर या केवल नीचे से होकर चले। Voltaic cell से निकले हुए तार को इस तरह झुकाओ जैसा कि चित्र में दिखाया गया है और इस loop के बीच में एक छोटी सी compass needle रख कर इस बात की परीक्षा करो। फिर loop को दोहरा करके देखो कि सूई कितना घूम जाती है। तुम देखोगे कि अब यह पहिले की अपेक्षा अधिक घूम जाती है।

जिस में एक चुम्बकमय सूई तार के एक ऐसे लच्छे के बीच में होती है जिस में से होकर विद्युत् प्रवाह चल सकता है, *galvanometer* कहलाता है।

वैद्युतिक "तार"

"तार" (telegraph) के यन्त्र में galvanometer के सिद्धान्त से काम लिया जाता है। Telegraph का उद्देश्य यह है कि दूर दूर के मनुष्य एक दूसरे से बात चीत कर सकें। जिस प्रकार के यन्त्र से यह सम्भव हो सकता है



चित्र ६४

वह इस चित्र में दिखाया गया है। मान लो कि हमें A स्थान से B स्थान को कोई खबर भेजना है। प्रत्येक स्थान पर एक galvanometer R और कई cells *cz* रहते हैं (जो कि ऊपर के प्रयोगों के simple cells की अपेक्षा

अधिक शक्तिसम्पन्न होते हैं और अधिक स्थिर प्रवाह देते हैं) और एक कुञ्जी या "key" K होती है। साधारण रीति से (जैसा कि चित्र में B स्थान पर दिखाया गया है) key को एक कमानी के द्वारा galvanometer के तार से लगा कर रखते हैं और cells से अलग कर देते हैं। A से B को खबर भेजने के लिये हम A पर की key को दबा देते हैं और इस तरह हम A पर की battery को दोनों स्थानों के मिलानेवाले तार या 'line' से मिला देते हैं और key को A पर के galvanometer से अलग कर देते हैं। A पर के cells में से एक प्रवाह 'line' में से होकर R' galvanometer तक जाता है और फिर वहां से E' एक धातु के पत्तर तक पहुंच जाता है जो कि पृथिवी के भीतर रहता है। यह प्रवाह पृथिवी में से होकर जैसा कि चित्र में तीरों के द्वारा दिखाया गया है, एक दूसरे पत्तर E तक जो पृथिवी के भीतर है लौट आता है और अन्त में वहां से फिर A पर के cells में आ जाता है।

किसी एक विशेष यन्त्र के द्वारा जो कि इस चित्र में नहीं दिखाया गया है, हम विद्युत् प्रवाह को दाहिनी और बाईं दोनों ओर से R' पर की सूई के चारों तरफ़ भेज सकते हैं। इस तरह A पर का काम करनेवाला अपनी इच्छा के अनुसार R' पर की सूई को दाहिनी या बाईं ओर जिस तरफ़ चाहे घुमा सकता है। वर्णमाला के अक्षर सूई की दाहिनी और बाईं ओर की गतियों को विशेष विशेष प्रकार

मे मिला कर प्रकट किये जाते हैं। इन्ही संकेतों की प्रणाली (system of signals) या 'code' के द्वारा खबरें भेजी जा सकती है।

प्रश्न

जब कोई खबर B स्थान से A स्थान को भेजी जाय तो तार किस तरह लगाया जायगा और keys की जगह कहा कहा होगी एक चित्र खींच कर दिखाओ।



अभ्यासों की उत्तरमाला

अभ्यास १

1—1675 cal 2—15 gm 3—27,000 cal 4—400 gm 5—50°C
6—60°C 7—160 gm. 8—50 gm. 9—963°C

अभ्यास २

1—3960 cal. 2—.99 3—912 cal 4—.031 5—179 5 cal.
6—23,418 cal 7—931 cal. 8—2 3 gm 9—.093 10—.01

अभ्यास ३

1—3 4 gm 2—.73 3—.033 4—.094 5—.094 6—.033
7—5 8° C 10—33 5° C 11—97 3° C 12—45 6° C 13—40° C
14—.218 15—143 5 gm

अभ्यास ४

1—480,000 cal. 2—136 4 gm 3—1250 gm 4—8 kilograms
5—1 kilogram 6—17 5° C 7—142 5 gm 8—1 9—80 cal
10—79 cal

अभ्यास ५

1—30,300 cal. 2—35,800 cal 3—36,395 cal 4—221 8 gm
5—539 4 cal. 6—318 gm 7—213 1 gm 8—535 cal 9—61°C
10—5.9 cal.

अभ्यास ६

4—(i) 4 ft away from the object, (ii) 4 ft towards the object
5—(a) 8 6 cm. in front of the mirror, 1 43 cm high, real, inverted and diminished; (b) 6 32 cm in front of the mirror, 53 cm high, real, inverted, and diminished 6—(a) 100 cm, (b) 20 cm, (c) 70 cm. 7—48 cm away from the mirror 9—24 cm in front of the mirror 10—22, cm